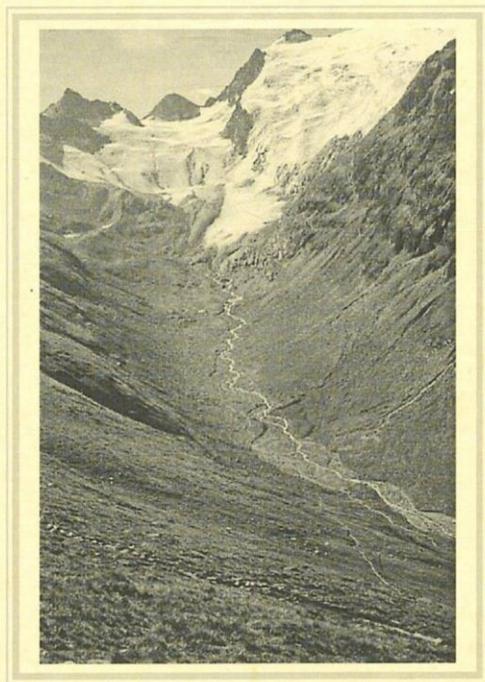


DIE SUBALPINE UND ALPINE VEGETATION IN TIROL

ERSCHBAMER, B. & GRABNER, S. (Hrsg.)



EXKURSIONSFÜHRER

50. Jahrestagung der Floristisch-
Soziologischen Arbeitsgemeinschaft

Erschbamer, B. & Grabner, S. (Hrsg.)

Die subalpine und alpine Vegetation
in Tirol

Exkursionsführer - 50. Jahrestagung der
Floristisch-Soziologischen Arbeitsgemeinschaft

Erschbamer, B. & Grabner, S. (Hrsg.)

Die subalpine und alpine Vegetation in Tirol

Exkursionsführer - 50. Jahrestagung der
Floristisch-Soziologischen Arbeitsgemeinschaft

vom 7. - 10. Juli 2000 in Innsbruck

mit Beiträgen von
Bortenschlager, S., Gärtner, G., Lütz, C., Newesely, Ch.,
Oeggel, K., Pagitz, K., Reisingl, H. und Tranquillini, W.

54 Abbildungen und 20 Tabellen

Titelbild: Blick von der Hohen Mut auf das Rotmoostal, den Rotmoos- und den Wasserfallferner (Obergurgl, Ötztal - Foto: Erschbamer)

Der Text enthält zwei Reproduktionen aus der Österreichischen Karte 1 : 50 000 (ÖK50-West) Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen.

© BEV 2000, Vervielfältigung mit Genehmigung des BEV, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen in Wien, Zl. 37751/2000.

Die subalpine und alpine Vegetation in Tirol:

Exkursionsführer – 50. Jahrestagung der Floristisch-Soziologischen Arbeitsgemeinschaft/

Erschbamer, B. & Grabner, S. (Hrsg.). [Beitr.: Bortenschlager, S.]

ISBN 3-9500090-3-5

© 2000 Eigenverlag

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung in anderen als den gesetzlichen Fällen bedarf deshalb der vorherigen schriftlichen Einwilligung der Autoren.

Der Inhalt der einzelnen Beiträge liegt in der Verantwortung des jeweiligen Autors/der jeweiligen Autorin.

Inhalt

	Seite
Inhalt	5
Vorwort	7
Tagungsablauf und Exkursionsprogramm	8
Herbert Reisigl: Kurze Übersicht über die Vegetation der Alpen	13
Sigmar Bortenschlager: Vegetationsgeschichte im Inntal, Raum Innsbruck	22
Sigmar Bortenschlager: Vegetationsgeschichte im Raum Obergurgl	27
Klaus Oeggel: Der Mann im Eis	32
Walter Tranquillini: Alpine Waldgrenze	42
Cornelius Lütz: Untersuchungen zur Ökophysiologie alpiner Pflanzen	46
Christian Newesely: Der Patscherkofel als Schigebiet	52
Georg Gärtner: Eine Einführung in die Exkursionsgebiete	58
Sabine Grabner: Die subalpine und alpine Vegetation der Innsbrucker Nordkette – <i>Exkursion Innsbrucker Nordkette: Seegrube, Mandlspitze, Hafelekar Spitze</i>	68
Konrad Pagitz: Vegetation der subalpinen und unteren alpinen Stufe auf Silikat – <i>Exkursion Patscherkofel</i>	94
Brigitta Erschbamer: Die alpine Stufe in den Zentralalpen – <i>Exkursion Obergurgl: Hohe Mut, SW-Hänge unterhalb des Kirchenkogels, Gletschervorfeld des Rotmoosferners, Rotmoos- und Schönwiesmoor</i>	114
Brigitta Erschbamer: Die alpine Vegetation in den Dolomiten mit spezieller Berücksichtigung der endemischen Pflanzengesellschaft <i>Saxifragetum depressae</i> Gerdol 1992 – <i>Exkursion Dolomiten: Pordoi-Joch – Alta Via Dolomiti – Col del Cuc – Bindelweghütte (Rifugio Viel del Pan)</i>	147

Vorwort

Die Floristisch-Soziologische Arbeitsgemeinschaft kann nach einem halben Jahrhundert auf eine stattliche Anzahl an attraktiven Exkursionszielen in Mitteleuropa zurückblicken. Zur Fortführung dieser langjährigen Exkursionstradition und zur Würdigung der 50. Jahrestagung bieten sich die Alpen als Exkursionsziel an. Innsbruck, als Ausgangsort, ermöglicht durch seine ideale geographische Lage einen Transekt von den Nordalpen über die Zentralalpen zu den Südalpen. Die Vegetation des Hochgebirges steht dabei im Mittelpunkt. Sicherlich würden auch die Tallagen lohnende Exkursionsziele darstellen, die subalpine und alpine Vegetation erschien uns jedoch um ein Vielfaches eindrucksvoller, vor allem für Teilnehmer/innen aus dem weniger gebirgigen Norden.

An der Innsbrucker Nordkette – gebietsmäßig zu den Nördlichen Kalkalpen zählend – befassen wir uns mit alpinen Pflanzengesellschaften auf Kalk (Rasen und Schuttgesellschaften in Abhängigkeit von unterschiedlichen ökologischen Bedingungen). Am Patscherkofel – einem Vorberg der Tuxer Alpen – kann die Ökologie der Waldgrenze und der Zwergstrauchheiden diskutiert werden. Außerdem bietet sich ein Besuch des Alpengartens der Universität Innsbruck an. Die Exkursion nach Obergurgl führt uns in das Kerngebiet der Zentralalpen: die alpine Vegetation auf Silikat und die Besiedelungsdynamik auf einem Gletschervorfeld stehen dabei im Mittelpunkt. Die Nachexkursion führt in die Südalpen, in das floristisch und landschaftlich einzigartige Gebiet der Dolomiten.

Mannigfaltig sind die Themenkreise, die auf den Exkursionen angeschnitten werden können und die auch im vorliegenden Exkursionsführer von Fachleuten dargelegt worden sind. Sie reichen von der Vegetationsgeschichte Tirols bis hin zum Eismann-Fund, von der Schipistenproblematik bis hin zur Primärsukzession im Gletschervorfeld, von der Populationsdynamik zur Ökophysiologie alpiner Pflanzen, von syntaxonomischen Zuordnungen der Pflanzengesellschaften bis hin zu den Endemiten der Dolomiten.

Im Exkursionsjahr 2000 soll auch ein gebührender Rückblick auf die Forschung des ablaufenden Jahrhunderts getätigt werden, bildet sie doch den Grundstein für die heutigen und künftigen Forschungsprojekte. Der Exkursionsführer enthält daher umfangreiche Hinweise auf die Erforschung des Hochgebirges in Nordtirol.

Allen, die am Zustandekommen dieses Exkursionsführers und an der Organisation der Tagung beteiligt waren, möchten wir unseren herzlichsten Dank aussprechen.

Innsbruck, im Juni 2000

Brigitta Erschbamer
Sabine Grabner

FLORISTISCH-SOZIOLOGISCHE ARBEITSGEMEINSCHAFT e.V.
50. JAHRESTAGUNG vom 7.-10. Juli 2000 in Innsbruck

Programm

Freitag, den 7.7.2000

- ab 10.00 Uhr Anmeldung im Tagungsbüro (Hauptgebäude der Universität Innsbruck, Innrain 52, „A“ im beiliegenden Stadtplan)
Ausgabe der Exkursionsunterlagen und Eintragung in die Exkursionslisten
Anmeldung zur abendlichen Stadtführung
- 11.30 Uhr Führung durch den Botanischen Garten und die Gewächshäuser (OR Univ.-Doz. Dr. Georg Gärtner) – Treffpunkt am Haupteingang des Botanischen Gartens (Botanikerstraße, „B“ im beiliegenden Stadtplan)
- 14.15 Uhr **Begrüßung und Eröffnung der Tagung**
Einführungsvorträge:
- 14.30 Uhr Mag. Dr. Sabine Grabner: Die Vegetation der subalpinen und alpinen Stufe der Nördlichen Kalkalpen
- 15.00 Uhr Mag. Konrad Pagitz: Einführung in das Exkursionsgebiet Patscherkofel
- 15.30 Uhr A.Univ.-Prof. Dr. Brigitta Erschbamer: Die Vegetation der subalpinen und alpinen Stufe im Bereich des Alpenhauptkammes
- 16.00 Uhr Kaffeepause
- 16.30 Uhr A.Univ.-Prof. Dr. Klaus Oeggel: Der Mann im Eis
- 17.00 Uhr Ordentliche Jahresversammlung der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft e.V.
- 18.00 Uhr Führung durch die Altstadt von Innsbruck
- 19.30 Uhr Abendlicher Empfang (Stadt Innsbruck, Land Tirol)

Samstag, den 8.7.2000

Exkursion 1: **Innsbrucker Nordkette, Seegrube-Hafelekar** (Leitung: Mag. Dr. Sabine Grabner, A.Univ.-Prof. Dr. Eugen Rott, Mag. Dr. Silvia Prock, Vorstellung der aktuellen Forschung: Univ.-Doz. Mag. Dr. Johanna Wagner)

Exkursion 2: **Patscherkofel** (Leitung: Univ.-Prof. Dr. Sigmar Bortenschlager, Mag. Konrad Pagitz, Vorstellung der aktuellen Forschung: Mag. Dr. Gilbert Neuner, Hofrat Dr. Wilhelm M. Havranek)

Exkursion 3: **Obergurgl, Hohe Mut-Rotmoostal** (Leitung: A.Univ.-Prof. Dr. Brigitta Erschbamer, OR Univ.-Doz. Dr. Georg Gärtner, A.Univ.-Prof. Mag. Dr. Klaus Oeggel)

Sonntag, den 9.7.2000

Exkursion 1: **Innsbrucker Nordkette, Seegrube-Hafelekar** (Leitung: Mag. Dr. Sabine Grabner, A.Univ.-Prof. Dr. Eugen Rott, Mag. Dr. Silvia Prock, Vorstellung der aktuellen Forschung: Univ.-Doz. Mag. Dr. Johanna Wagner)

Exkursion 2: **Patscherkofel** (Leitung: Univ.-Prof. Dr. Sigmar Bortenschlager, Mag. Konrad Pagitz, Vorstellung der aktuellen Forschung: Mag. Dr. Gilbert Neuner, Hofrat Dr. Wilhelm M. Havranek)

Exkursion 3: **Obergurgl, Hohe Mut-Rotmoostal** (Leitung: A.Univ.-Prof. Dr. Brigitta Erschbamer, OR Univ.-Doz. Dr. Georg Gärtner, A.Univ.-Prof. Mag. Dr. Klaus Oeggel)

Montag, den 10.7.2000

Exkursion 4: **Dolomiten: Pordoi-Joch, Col del Cuc** (Leitung: A.Univ.-Prof. Dr. Brigitta Erschbamer, Mag. Dr. Sabine Grabner, Mag. Konrad Pagitz)

Für die Exkursionen am Samstag und Sonntag werden jeweils zwei Bus-Gruppen gebildet. Die Teilnahme an den jeweiligen Exkursionen wird im Tagungsbüro mit der Eintragung in die entsprechenden Liste festgelegt.

Treffpunkt für die Exkursion 1 (Hafelekar):

Rundgemälde / Hungerburgbahn (Rennweg, „C“ im Stadtplan): 8.30 Uhr

Treffpunkt für die Exkursionen 2, 3, 4: Hauptgebäude der Universität Innsbruck („A“ im Stadtplan):

Exkursion 2: 8.15 Uhr

Exkursion 3: 7.00 Uhr

Exkursion 4: 6.00 Uhr

Stadtplan



MitarbeiterInnen:

Bortenschlager, Univ.-Prof. Mag. Dr. Sigmar	(Exkursionsleitung, Patscherkofel)
Buchner, Mag. Andrea	(Layout für den Exkursionsführer)
Erschbamer, A.Univ.-Prof. Dr. Brigitta	(Exkursionsleitung, Obergurgl, Dolomiten)
Gärtner, Univ.-Doz. Dr. Georg	(Exkursionsleitung, Obergurgl)
Grabner, Mag. Dr. Sabine	(Exkursionsleitung, Innsbrucker Nordkette)
Havranek, Hofrat Dr. Wilhelm M.	(Vorstellung der aktuellen Forschung der Forstl. Bundesversuchsanstalt am Patscherkofel)
Lütz, Univ.-Prof. Dr. Cornelius	(Beitrag für den Exkursionsführer)
Neuner, Mag. Dr. Gilbert	(Vorstellung der aktuellen Forschung am Patscherkofel)
Newesely, Mag. Dr. Christian	(Beitrag für den Exkursionsführer)
Oeggl, A.Univ.-Prof. Mag. Dr. Klaus	(Exkursionsleitung, Obergurgl)
Pagitz, Mag. Konrad	(Exkursionsleitung, Patscherkofel)
Prock, Mag. Dr. Silvia	(Exkursionsleitung, Innsbrucker Nordkette)
Reisigl, Univ.-Prof. i.R. Dr. Herbert	(Beitrag für den Exkursionsführer)
Rott, A.Univ.-Prof., Dr. Eugen	(Exkursionsleitung, Innsbrucker Nordkette)
Tranquillini, Univ.-Prof. i.R. Dr. Walter	(Beitrag für den Exkursionsführer)
Wagner, Univ.-Doz. Mag. Dr. Johanna	(Aktuelle Forschung an der Nordkette)

Sponsoren:

Gerhard Stephan, Club Allegra, München
Hypo-Bank Tirol
Tourismusverband Innsbruck
Stadt Innsbruck
Tiroler Landesregierung

Kurze Übersicht über die Vegetation der Alpen

Herbert Reisigl

Institut für Botanik, Universität Innsbruck, Sternwartestr. 15, A-6020 Innsbruck

1. Geschichte

Das heutige Floren- und Vegetationsmuster der Alpen ist nur verständlich, wenn wir die Entwicklungsgeschichte des Alpenraumes kennen.

Das alpine Orogen war bis zur Kreidezeit von karbonatreichen Sedimenten bedeckt. Erst im Tertiär, vor ca. 40 Millionen Jahren, wurden diese Schichtpakete durch die Kollision der afrikanischen mit der europäischen Kontinentalscholle gehoben, verschoben und zum Teil gefaltet, in der letzten Phase (seit 2 Mill. Jahren) dann zum Hochgebirge geformt.

Bis zum Miozän hatte die Mittelgebirgsflora des Alpenraumes – dem Klima der damaligen südlicheren Breitenlage entsprechend – subtropischen Charakter. Mit zunehmender Abkühlung ging der Großteil der spättertiären Flora zugrunde. Biotypen mit neuen Eigenschaften „lernten“ durch Anpassung ungünstigere Lebensbedingungen (vor allem Frost) zu ertragen (LARCHER 1980), echte Gebirgspflanzen entstanden („Tertiärer Grundstock der Alpenflora“ nach GAMS 1933).

Vor ca. 2 Mill. Jahren nahm die Klimaverschlechterung dramatische Dimensionen an: Kaltzeiten mit starker Vergletscherung des Gebirgsinneren („Eiszeiten“) wurden unterbrochen von Warmzeiten, in denen die Vegetation ihr ursprüngliches Areal wieder zurückeroberte. Dies war möglich, weil randliche Bereiche der Alpen zwischen den großen Talgletschern stets eisfrei blieben (eiszeitliche Refugien). Besonders reich an solchen heute engräumig verbreiteten, ökologisch meist spezialisierten Reliktpflanzen sind die Südlichen Kalkalpen östlich des Comosees (PITSCHMANN & REISIGL 1958, REISIGL 1996).

Die Verarmung der autochthonen Flora wurde durch Zuwanderungen aus den asiatischen Hochgebirgen (*Astragalus*, *Leontopodium*, *Kobresia*), aus dem Hohen Norden (*Dryas*) und aus dem Mittelmeerraum (die meisten Geophyten) kompensiert; das Florenspektrum wurde dadurch reicher und bunter. Der mehrtausendjährige Einfluß des Menschen und seiner Haustiere hat diese „potentielle Vegetation“ stark überprägt oder völlig verändert.

2. Ostalpen – Westalpen

Auf 1200 km Länge bieten die Alpen heute ein sehr komplexes Bild der Gesteins- und Klimadifferenzierung mit stockwerkartig übereinander angeordneten Lebensräumen („Höhenstufen“). OZENDA (1988) bezeichnet sie als „Vegetationsserien“, die in etwa den Verbänden der Pflanzensoziologie entsprechen. Diese Serien ordnet OZENDA „Biogeographischen Sektoren“ zu, die ökologisch und arealkundlich begründet sind (Abb. 1).

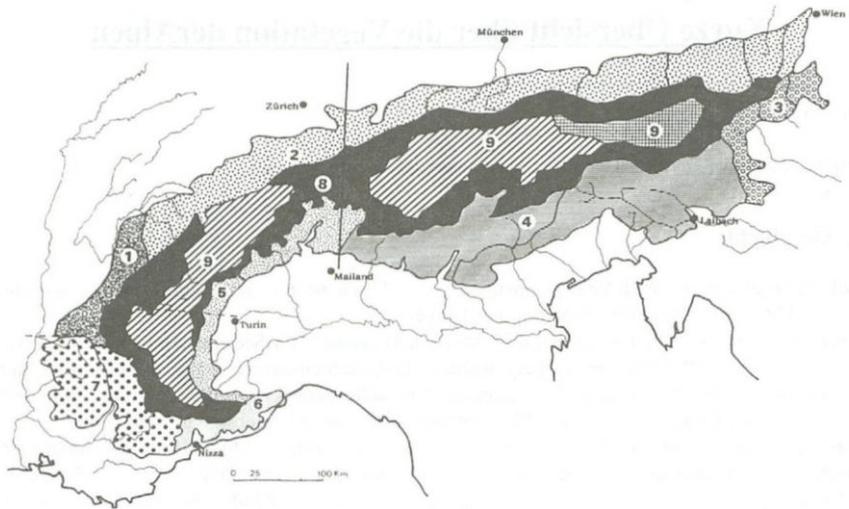


Abb. 1 Schema der biogeographischen Gebiete der Alpen (aus OZENDA 1988)

1-7 Randalpines Gebiet mit vorherrschenden Karbonatgesteinen (ausgenommen 3 und 5)

9 Gebiete mit vorherrschenden Silikatgesteinen und kontinentalem Klima (inneralpines Zentrum), die von den Zwischenalpen (8) umschlossen werden.

Wie schon GAMS (1956) ausführte, sind die Silikatgesteine der Alpen (das „Urgestein“) erst relativ spät durch Erosion freigelegt worden oder durch meist jungen Vulkanismus (Bozner Quarzporphyr) an die Oberfläche gekommen. So sind denn auch die genetisch ältesten Alpenpflanzen (Palaeo-Endemiten wie z.B. *Berardia* oder *Rhodothamnus*) an Karbonatgesteine gebunden, bei vikariierenden Artenpaaren sind die Karbonatsippen durchwegs älter als die Vertreter auf sauren Böden.

In den Ostalpen lässt sich eine Längssymmetrie der Gesteins- und Großklimaverteilung beobachten (Abb. 2).

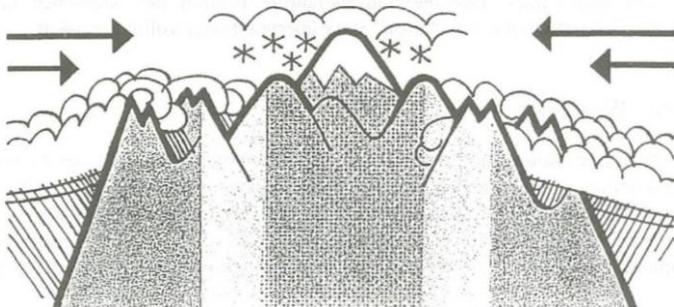


Abb. 2 Schematisches Schnittbild der geologischen und klimatischen Symmetrie der Ostalpen. Nördliche und südliche Randalpen sind aus Karbonatgesteinen aufgebaut und niederschlagsreicher („ozeanisch“); silikatische Innenalpen kontinentaler, niederschlagsärmer und strahlungsbegünstigt.

4. Klima und Vegetation

Wesentlich für die Vegetationsverteilung ist neben dem Gesteinsuntergrund (Kalk oder Silikat) auch das Klima (Abb. 2). Die Außenketten sind als „Regenfänger“ feuchter und kühler (Niederschläge um 2000 mm), die Innenalpen strahlungsreicher, wärmer und trockener (Vent im Innerötztal: 699 mm).

Die Temperaturabnahme, vor allem aber die Zunahme der Schneedecken-Andauer und damit verknüpft die drastische Verkürzung der für die Produktion nutzbaren „Vegetationsperiode“ bewirken im Gebirge stockwerkartig übereinander geordnete „Höhenstufen“ der Vegetation (Abb. 4). Besonders auffällig ist die Obergrenze des geschlossenen Waldes, an der schon WAHLENBERG (1816) die „regio alpina“ beginnen ließ.

Die Bäume des Waldgrenzökotons finden dort ihre Lebensgrenze, wo ihre Stoffbilanz gegen Null sinkt (TRANQUILLINI 1979).

5. Wald und Waldgrenze

Die oberste Waldstufe mit hochwüchsigen Bäumen oder Krummholz (Legföhren - besonders im Kalkgebirge) wird daher meist „subalpin“ genannt.

WAGNER (1970) vertritt die Auffassung, daß die schneeschutzbedürftigen Zwergstrauchbestände (Rhododendro-Vaccinien) als Grenzformen aufrechter Holzgewächse ebenso wie manche Rasentypen (Nardion) noch der subalpinen Höhenstufe zuzuordnen seien, die eigentliche alpine Stufe daher nur von den Spaliersträuchern des Loiseleurietums und den alpinen Rasen (auf sauren Böden Caricetum curvulae, auf neutralen bzw. basischen Böden Elynetum und Caricetum firmae) eingenommen werde. OZENDA (1988) nennt den Übergangsbereich zwischen subalpinem Wald und unteralpiner Zwergstrauchstufe „eine Art Kontinuum“. Jedenfalls findet an der Waldgrenze ein entscheidender Dimensionswandel statt: nicht nur in der Wuchshöhe der dominanten Pflanzen, sondern vor allem auch in der ökologischen Bedeutung der Klimafaktoren. Während der Bergwald im wesentlichen großklimatisch und damit von der Meereshöhe bestimmt ist („niveau-orientiert“ nach FRIEDEL 1956), erzwingt das Mesoklima des Waldgrenz- und Zwergstrauchbereichs bereits starke Unterschiede in der Vegetation zwischen Sonnseite (Junipereto-Arctostaphyletum) und Schattseite (Rhododendro-Vaccinietum bzw. Empetro-Vaccinietum).

6. Alpine und nivale Stufe

In einem relativ großen Übergangsbereich steigen in schneegeschützten Mulden und Rinnen vertrocknungsgefährdete Zwergsträucher höher empor, an windexponierten, im Winter schneefreien Rippen hingegen alpine Rasenvereine tiefer herab. Hier wird besonders deutlich sichtbar, wie sehr sich die kleinklimatischen Unterschiede auf engstem Raum mit zunehmender Meereshöhe verschärfen. In der oberen alpinen Rasenstufe können sich dann auf Entfernungen von Metern bis wenigen Dezimetern - dem Relief von Buckeln und Mulden entsprechend - Mosaik von Rasenflecken und Schneeböden ausbilden, die zur Zeit der Schneeschmelze im Juni als Schnee-Apermuster im Gelände sichtbar und großflächig kartierbar werden. FRIEDEL (1956) spricht daher von „relief-orientierter“ Vegetation.

So gelingt eine ökologisch verständliche Vegetationsübersicht im Gebirge am besten durch eine erste Grobgliederung nach Höhenstufen, innerhalb der Höhenstufen dann - jeweils getrennt nach Gesteinsuntergrund und Boden - durch eine Feingliederung nach kleinklimatisch bedingten Standorten, deren Eigenschaften durch Messungen definiert werden müssen (CERNUSCA 1977). Der extreme Lebensraum Hochgebirge erzwingt von den

Pflanzen spezielle Anpassungen und Strategien, die eingehend von LARCHER (1980, 1983) und KÖRNER (1999) erforscht wurden. Standorte und zugehörige Vegetationstypen können relativ gleichförmig und großflächig (bei einheitlicher Exposition und geringem Relief), aber auch auf engem Raum mosaikartig miteinander verzahnt sein. OZENDA (1988) bezeichnet daher die Vegetation der alpinen Stufe wohl mit Recht als ein „Mosaik aus Pionier-, Dauer- und Spezialgesellschaften“.

Im Silikatgebiet des inneren Ötztals dominieren in der oberen alpinen Stufe Krummseggenrasen. Den Vegetationskomplex Nardetum – Caricetum curvulae hat OBERDORFER (1959) exemplarisch dargestellt, die Gesamtverbreitung der Krummseggenrasen in den Alpen hat THEURILLAT (1996) dargestellt, die Autökologie haben GRABHERR et al. (1978) im Rahmen des internationalen Programms MaB erforscht (REISIGL 1987). Vegetative Vermehrung und klonales Wachstum von *Carex curvula* spielen für die Ausbreitung am alpinen Standort die wichtigste Rolle. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Horste liegt bei etwa 0,9 mm/Jahr. Im Abstand von mehreren Jahren werden aber auch genug Samen erzeugt, um die Fernverbreitung zu sichern. Geschlossene Krummseggenrasen steigen im Ötztal bis etwa 2700 m. Von *Carex curvula* existiert auch eine Kalksippe (*Carex curvula* subsp. *rosae*), die auf Kalkschiefern lückenhaft von den Westalpen über die Dolomiten bis in die Hohen Tauern verbreitet ist, im Gurgler Schneebergzug aber fehlt (ERSCHBAMER 1992).

Mit zunehmender Meereshöhe und kürzerer Produktionszeit werden die Pflanzen immer mehr in die günstigere Südlage abgedrängt, die Nordlagen werden zunehmend pflanzenleer. Großräumig wird diese sehr offene Vegetation der „Nivalstufe“ von Schneeboden- und Schuttfuren eingenommen. Kryptogamen und einige Spezialisten unter den Samenpflanzen (wenige Grasartige, von den Dikotylen besonders Polsterpflanzen und „Einzelgänger“ wie der Gletscherhahnenfuß) finden hier noch Lebensmöglichkeit (MOSER et al. 1977). Über das Vorkommen höherer Pflanzen in dieser lebensfeindlichen Umwelt entscheiden aber nicht nur die Klimabedingungen, sondern maßgeblich auch die Geomorphologie (Stufenbau der Gipfelwände bietet feste Wuchsplätze, rutschender Schutt verhindert die Ansiedlung). Immerhin überschreiten in den Ötztaler Alpen 104 Blütenpflanzen die 3000 m - Grenze (REISIGL & PITSCHMANN 1958).

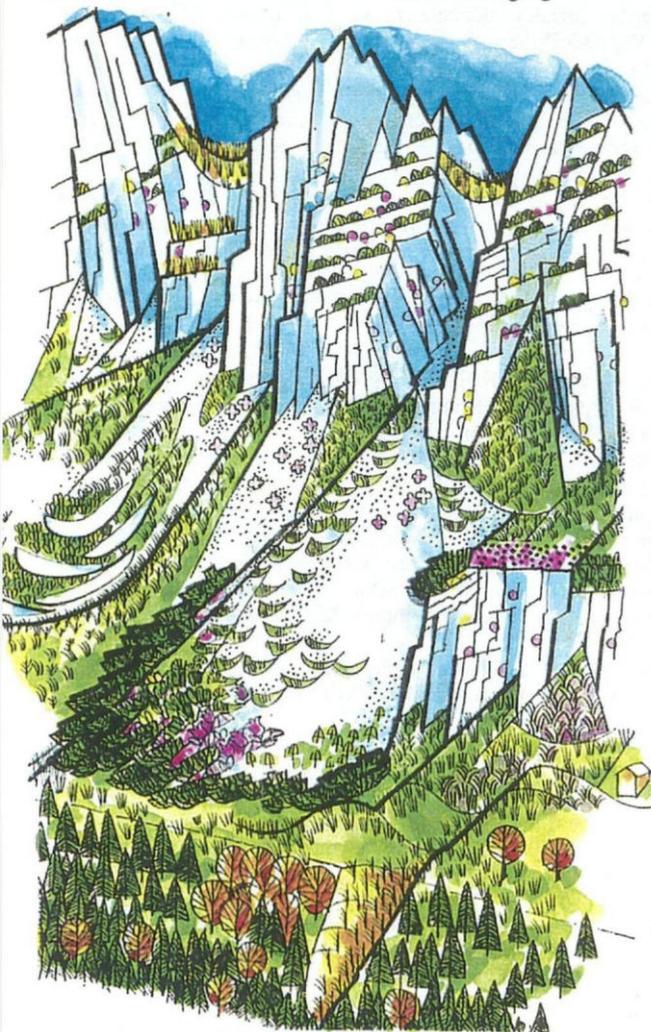
Die unter dem Begriff „global change“ bekannt gewordene Klimaerwärmung hat auch im Hochgebirge zu einem Anstieg der Höhengrenzen geführt (PAULI et al. 1996).

Übersicht: Höhenstufen und Lebensbereiche

Auch wenn manche alpine Rasen große Flächen einnehmen, so ist Einheitlichkeit der Vegetation in alpinen Lebensbereichen doch eher die Ausnahme.

Die Regel sind Verzahnungen über die Höhenstufen und Bildung von Vegetationskomplexen mit \pm scharfen, öfter noch gleitenden Übergängen.

Höhenstufen im Kalk



obere nivale Stufe

Kryptogamen:
Pilze, Algen, Moose, Flechten

untere nivale Stufe

wenige diktotyle Polsterpflanzen
Saxifraga aphylla, *Poa minor*

3000 **subnivale Stufe**
Rasenfragmente:
Caricetum firmae

2800 **obere alpine Stufe**
Polsterseggenrasen *Caricetum firmae*
Schneeböden: Blaukressenflur, Weiden
Arabidatum coeruleae, *Salicetum retusae*
Schutt: Täschelkrautflur *Thlaspietum rotundum*
Fels: Schweizer Mannschild *Androsacetum helveticum*

2600 **mittlere alpine Stufe**
Blaugras-Horstseggenrasen
Seslerio-Caricetum sempervirentis
Gemsheidespalier
Loiseleurietum calcicolum
Kalk-Silikat: Nacktriedrasen *Elynetum*

2400 **untere alpine Stufe**
Almrausch-Legföhrengebüsch
Rhododendro hirsuti-Pinetum mugii
Rostseggenrasen *Caricetum ferrugineum*

2200 **Violetttschwingelrasen *Festucetum violaceum***
Goldtschwingelrasen *Festucetum paniculatae*
Schutt: Schildampfer *Rumicetum scutati*

2000 **subalpine Stufe**
Fichtenwald *Piceetum subalpinum*
Buchenwald *Dentario-Fagetum*,
Aceri-Fagetum
Legföhrengebüsch *Pinetum mugii*
Bürstlingrasen *Nardetum*
Fels: *Potentilletum caulescens*
Waldgrenze 1500–1800 m

 Nacktriedrasen
Elynetum

 Polsterseggenrasen
Dryadeto-firmitum

 Schutthalde
Thlaspiet. rotundum

 Rostseggenrasen
Caricetum ferrugineum

 Felspalten
Androsac. helv.

 Blaugrashalden
Seslerio-Semperviretum

 Bürstlingweide
Nardetum

 Violetttschwingelrasen
Festucetum violacea

obere nivale Stufe
Kryptogamen: Pilze, Algen,
Moose, Flechten

3400 **untere nivale Stufe**
Dikotyle Polsterpflanzen:
Saxifraga, *Silene*,
Androsace, *Poa laxa*,
Ranunculus glacialis
Potentilla frigida,
Luzula spicata

3200

3000 **subnivale Stufe**
Rasenfragmente:
Curvuletum, *Elynetum*
Schutt: Alpen-Mannschield
(*Androsacetum alpinae*)
Moos-Schneeböden

2800 **obere alpine Stufe**
Mosaik aus Krummseggen-Rasen
(*Curvuletum*) und Schneeböden
(*Salicetum herbaceae*)
Schutt: *Oxyrietum*
Fels: *Androsacetum vandellii*

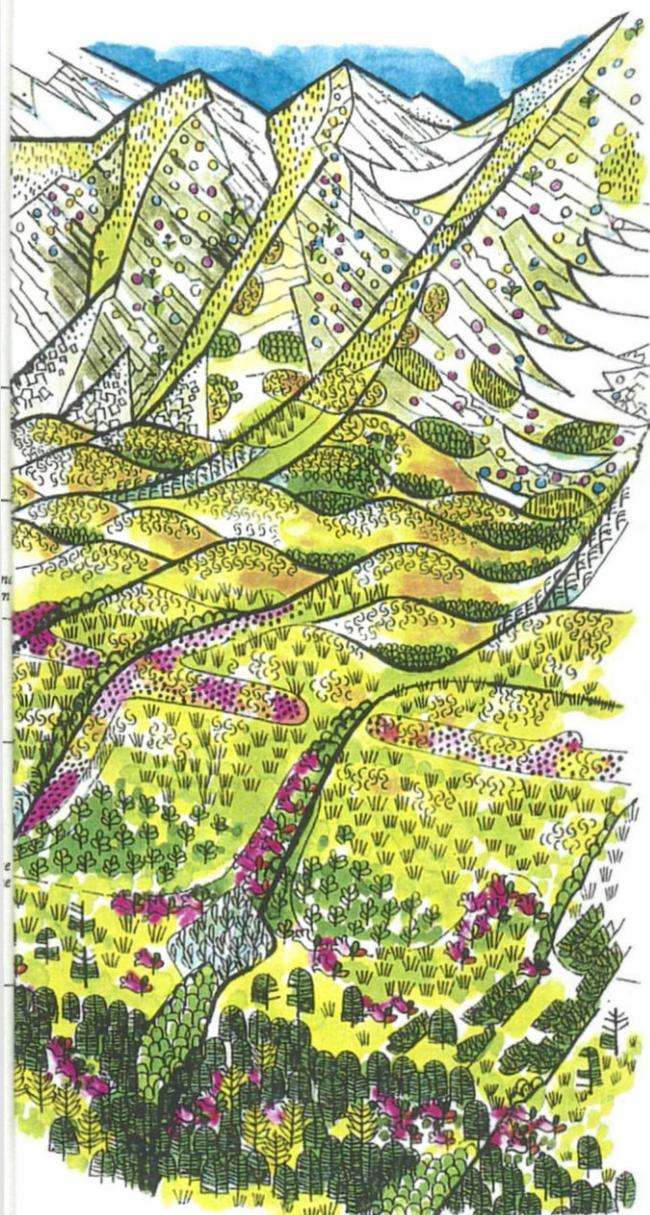
2600 **mittlere alpine Stufe**
Hochlagen-Weiderasen
(*Curvulo-Nardetum*)
Gemsheide-Spaliere
(*Loiseleurietum*)

2400 **untere alpine Stufe**
Sonnenseite:
Bärentrauben-Heide
(*Junipero-Arctostaphyletum*)
Schattenseite:
Alpenrosen-Bärenheide
(*Rhododendro-Vaccinietum*)

2200 **Felsfluren:**
Primuletum hirsutae
Schutt: *Cryptogramma crispae*
Weiderasen: *Aveno-Nardetum*

2000 **subalpine Stufe**
Waldgrenze 1600–2400 m
Ostalpen: (Zirben-) Lärchen
Westalpen: (Lärchen-) Zirben
Legföhren, Föhren, Grünerlen
Weiderasen: *Nardetum alpinum*
Feuchtrasen: *Caricetum ferrugineum*

1800



Kryptogamen, Moose

Rasenfragmente

Schneeböden
Salicetum herbaceae

Bürstlingweide
Nardetum

Polsterpflanzen,
einzelne Blütenpflanzen

Krummseggenrasen
Caricetum curvulae

Gemsheidespaliere
Loiseleurietum

Zwergstrauchheide

Literatur

- ALBRECHT, J. (1969): Soziologisch-ökologische Untersuchungen alpiner Rasengesellschaften, insbesondere an Standorten auf Kalk-Silikatgesteinen. Diss. Bot. 5. Cramer.
- ERSCHBAMER, B. (1992): Zwei neue Gesellschaften der Krummseggen (*Carex curvula* ssp. *rosae*, *Carex curvula* ssp. *curvula*) aus den Alpen – ein Beitrag zur Klärung eines alten ökologischen Rätsels. *Phytocoenologia* 21: 91 – 116.
- FRIEDEL, H. (1956): Die Vegetation des obersten Mölltales (Hohe Tauern). *Wiss. Alpenvereinshefte* 16.
- GAMS, H. (1933): Der tertiäre Grundstock der Alpenflora. *Jahrbuch Ver. z. Schutze der Alpenpflanzen* 5: 7 - 37.
- GAMS, H. (1956): Exkursionsführer für die XI. Internat. Pflanzengeogr. Exkursion durch die Ostalpen 1956. *Angewandte Pflanzensoz.* 16.
- GIGON, A. (1987) : A hierarchic approach in causal ecosystem analysis. The calcifuge – calcicole problem in alpine grasslands. *Ecological Studies* 61.
- GRABHERR, G., MÄHR, E. & REISIGL, H. (1978): Nettoprimärproduktion und Reproduktion in einem Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*) der Ötztaler Alpen-Tirol. *Oecol. Plant.* 13.
- KÖRNER, CH. (1999): Alpine plant life. Functional plant ecology of high mountain ecosystems. Springer, Berlin.
- LARCHER, W. (1980): Klimastreß im Gebirge – Adaptationstraining und Selektionsfilter für Pflanzen. *Rhein.-Westf. Akad. Wiss. Vorträge* 291 : 49 - 88.
- LARCHER, W. (1983): Ökophysiologische Konstitutionseigenschaften von Gebirgspflanzen. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.* 96: 73 - 85.
- MAYER, H. (1974): Wälder des Ostalpenraumes. Fischer, Stuttgart.
- OBERDORFER, E. (1959): Borstgras- und Krummseggenrasen in den Alpen. *Beitr. Naturk. Forschung SW - Deutschl.* XVIII: 117 - 143.
- OZENDA, P. (1988): Die Vegetation der Alpen. Fischer, Stuttgart.
- PAULI, H., GOTTFRIED, M., & GRABHERR, G. (1996): Effects of climatic change on mountain ecosystems – upward shifting of alpine plants. *World Resource Review* vol. 8, No 3: 382 – 390.
- REISIGL, H. (1987): Die Untersuchungen der alpinen Grasheide im Rahmen der Klimavegetation des Gurgltales (Ötztaler Alpen). In: PATZELT, G. (Hrsg.): MaB-Projekt Obergurgl, Veröff. Österr. MaB-Progr. 10 Univ. Verlag Wagner, Innsbruck: 191 – 203.

- REISIGL, H. (1996): Insubrien und das Gardaseegebiet – Vegetation, Florengeschichte, Endemismus. Atti del 24° Simposio. Suppl II agli Annali dei Musei Civici di Rovereto 11: 9 - 25.
- REISIGL, H. & PITSCHMANN, H. (1958): Obere Grenzen von Flora und Vegetation in der Nivalstufe der zentralen Ötztaler Alpen (Tirol). Vegetatio 8: 93 – 129.
- REISIGL, H. & KELLER, R. (1994): Alpenpflanzen im Lebensraum. 2.Aufl. Fischer, Stuttgart, New York.
- THEURILLAT, J.-P. (1996): Les pelouses à *Carex curvula* subsp. *curvula* (Caricion *curvulae*) dans les Alpes. Diss. Bot. 258 : 267 - 294.
- TRANQUILLINI, W. (1979): Physiological ecology of the alpine timberline. Ecol. Stud. 31.
- WAGNER, H. (1970): Zur Abgrenzung der subalpinen gegen die alpine Stufe. Mitt. Ostalp.-Din. Ges. Vegetationsk. 11: 225 - 234.
- WAHLENBERG, G. (1813): De vegetatione et climate in Helvetia septentrionali. Zürich.

Vegetationsgeschichte im Inntal, Raum Innsbruck

Sigmar Bortenschlager

Institut für Botanik, Universität Innsbruck, Sternwartestraße 15, A-6020 Innsbruck

Zusammenfassung

Die Klima-, Vegetations- und Waldentwicklung im Spät- und Postglazial wird exemplarisch anhand eines Pollenprofils und eines Schemas dargestellt. Die Einwanderung der wichtigsten Waldbäume und der Einfluß des Menschen wird skizziert.

Stichwörter: Vegetation, Klima, anthropogener Einfluß

Während der letzten Eiszeit, der Würmeiszeit, erreichte das Eisstromnetz sein Maximum etwa im Zeitraum 20 – 18.000 BP. Der vereinigte Inntalgletscher hatte das Zungenende im Rosenheimer Becken. Die Eismächtigkeit erreichte im Raum Innsbruck die Höhengrenze von 2200 bis 2250 m, der Patscherkofel war eisbedeckt und von der Nordkette ragten nur die höchsten Spitzen als schroffe Nunataker über das Eis empor. Einige extreme arktisch alpine Arten konnten hier überdauern und einen gewissen Beitrag zur Wiederbesiedelung der alpinen Stufe leisten. Das berühmteste Beispiel einer solchen Nunatakerpflanze ist das Lebermoos *Herberta sendneri*, das heute noch am Weg zum Glungezer und am Roßkogel als Eiszeitrelikt vorkommt.

Das Alpenvorland und ein Großteil des Alpenrandes waren eisfrei. Aber auch eine große Zahl höherer, randlicher Berge im Norden und im Süden der Alpen war eisfrei. Im Süden sind heute diese Gebiete das Eldorado der Endemiten.

Die Temperaturabsenkung während der Eiszeit betrug grob gerechnet etwa 8 – 10 Grad. Die daraus folgende Durchschnittstemperatur würde für die randlichen Berge und das gesamte Alpenvorland ohne weiteres Waldvegetation bis zu einer Höhe von etwa 1000 m zulassen. Daß aber Waldfreiheit rund um die Alpen herrschte, lag an der extremen Trockenheit, für die das permanente Hoch über dem alpinen Eisschild sorgte. Damit gab es während des Hochglazials zwei Waldgrenzen, einerseits die temperaturbedingte obere Waldgrenze und die trockenheitsbedingte untere Waldgrenze. Während des Hochglazials lag nun die untere trockenheitsbedingte Waldgrenze höher als die temperaturbedingte obere Waldgrenze.

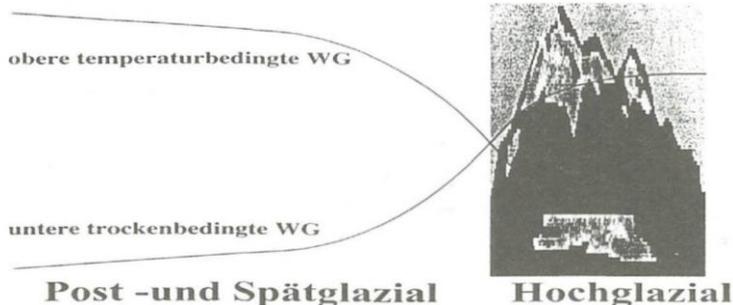


Abb. 1 Schema für die Waldfreiheit während des Hochglazials.

An edaphisch günstigen Standorten aber, wie in feuchten Senken, an Flußufern und ähnlichen Standorten, wo genügend Feuchtigkeit vorhanden war, konnten sich Waldbäume wie *Pinus*, *Betula*, *Alnus*, *Sorbus* und sogar *Picea* halten. Einen solchen Standort konnte FRENZEL (1964 a, b) in Großpetersdorf nachweisen. Die trockenen Lößflächen zwischen den mächtigen Schmelzwasserflüssen waren offene Apokratenfluren. Solche Günstlinge, die hier reichlich vorkamen, waren vor allem *Artemisia*, *Chenopodium*, Caryophyllaceae, Brassicaceae und als Holzgewächse noch *Hippophae*, *Juniperus* und *Ephedra*.

Nach dem Höchststand des Eises begann nach 18.000 BP sukzessive das Abschmelzen, der Zusammenbruch des Eisstromnetzes und der Rückzug der großen Talgletscher. Unterbrochen wurde dieser Eisrückzug durch Halte bzw. geringe Wiedervorstöße, die hier im Ostalpenraum mit den Namen Bühl, Steinach, Gschnitz, Daun und Egeseu verknüpft sind.

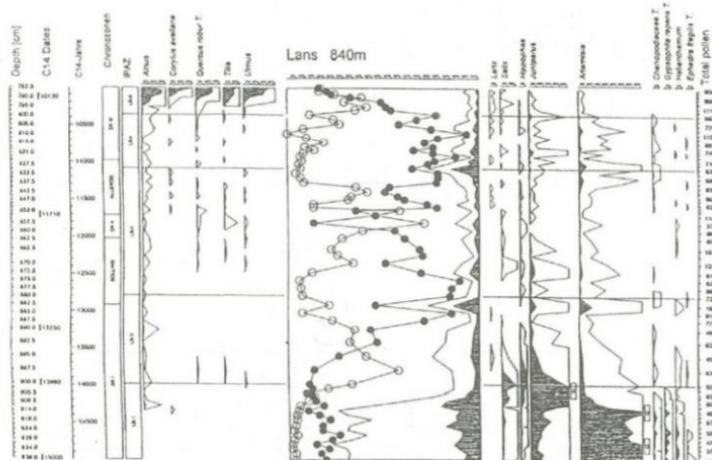


Abb. 2 Beispiel für die offene Apokratenflur und die Wiederbewaldung mit *Pinus* und *Betula* im Raum Innsbruck im ausgehenden Spätglazial – Profil vom Moor beim Lanser See.

Um ca. 13.000 BP hat die Wiedererwärmung bereits ein solches Ausmaß erreicht, daß die reliktilsch auf edaphisch günstigen Standorten im gesamten Umfeld der Alpen erhaltenen Bäume begannen, in die eisfrei gewordenen Gebiete einzuwandern und sich auszubreiten.

Nach einer initialen Wiederbewaldungsphase mit *Betula*, *B. nana*, *Hippophae* und *Juniperus* entstanden im Inntal erste *Pinus-Betula*-Wälder, die nach oben hin durch die Waldgrenzbäume *Pinus cembra*, *Larix* und *Sorbus aucuparia* ihre Höhengrenze fanden. Die Auenwälder im Tal wurden durch *Alnus*, *Salix* und *Populus* gebildet. Diese kaum gegliederten Wälder waren im Inntal bis zum Beginn des Postglazials tonangebend (BORTENSCHLAGER 1984 a, b).

Im ausgehenden Spätglazial, bereits ab dem Bölling, besonders aber dann im Alleröd begann südlich der Alpen die Einwanderung des Eichenmischwaldes mit *Quercus*, *Ulmus* und *Tilia*, der im Alleröd bereits den Raum um Brixen erreicht hat (SEIWALD 1980). Erst später kamen *Acer*, *Fraxinus*, *Ostrya* und *Carpinus* dazu. Mit der endgültigen Erwärmung bis auf heutige Mittelwerte am Beginn des Holozäns vor 10.000 BP überschritt nun der Eichenmischwald den Brenner und breitete sich im Inntal explosionsartig entlang der Inntalfurche aus (BORTENSCHLAGER 1984 a) und erreichte so bereits 9.500 BP Bayern, um von dort weiter

nach Norden zu wandern. Mit dem Eindringen des Eichenmischwaldes begann in Tirol die Herausbildung von Höhenstufen. Die tieferen Lagen bis gegen 1200 m waren das Gebiet des Eichenmischwaldes, darüber kamen die *Pinus-Betula*-Wälder, die in der Höhe der heutigen Waldgrenze mit einem *Pinus cembra-Larix*-Bestand abgeschlossen.

Klimatische Schwankungen, die im Spätglazial noch deutlichen Einfluß auf die Vegetationsentwicklung nahmen, treten im Postglazial in Tallagen nicht mehr in Erscheinung. Nur an der Waldgrenze können noch Oszillationen im Ausmaß von 1 bis 1,5 Grad anhand der Waldgrenzschwankungen abgelesen werden.

Abb. 3. Waldgrenz- und Klimaentwicklung im Raum Tirol

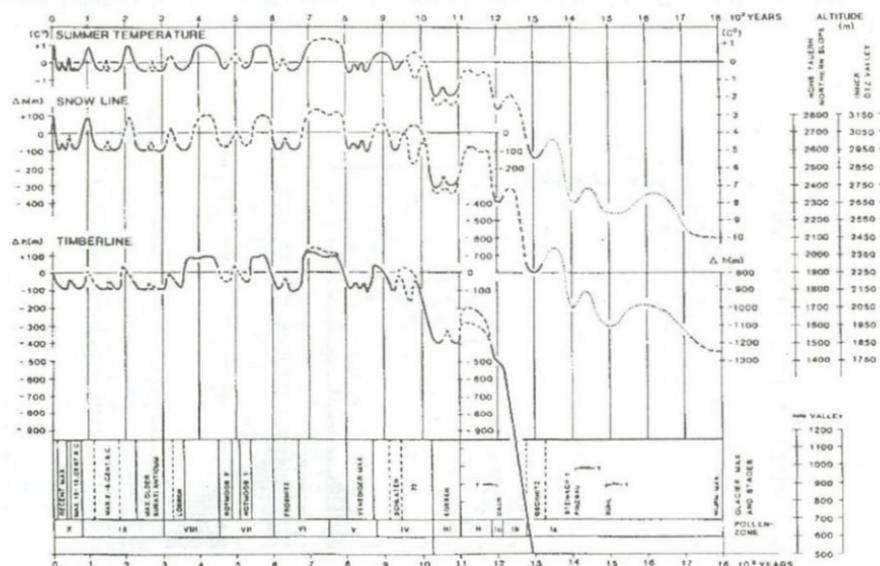


Abb. 3 Schema über die Waldgrenz- und Klimaentwicklung im Raum Tirol

Ebenfalls im ausgehenden Spätglazial begann die Ausbreitung von *Picea* von ihrem Refugialgebiet, dem Laibacher Becken. Im Alleröd war sie bereits in Kärnten in tieferen Lagen ein tonangebender Waldbestandteil (FRITZ 1965, BORTENSCHLAGER 1970). Nach Westen wanderte sie sowohl am Süd- als auch am Nordrand der Alpen in der labilen Grenzzone zwischen Eichenmischwald und „subalpinem“ Föhrenwald ein. Gleichzeitig damit kam auch *Corylus* um etwa 9.500 BP ins Inntal. Im Boreal um etwa 8.000 BP hat sich im Inntal dann eine stabile Höhenstufengliederung herausgebildet, mit Eichenmischwäldern, in denen in den Tieflagen auch noch *Pinus* vorkam. Nach oben hin folgten Mischwälder mit Fichte, die dann in reine Fichtenwälder übergingen. Den Abschluß nach oben bildeten subalpine Nadelwälder in heutiger Ausprägung.

Im Atlantikum erfolgte dann die letzte natürliche Umgestaltung und endgültige Ausformung der Höhenstufen mit dem Einwandern von *Abies* und *Fagus* in den Tiroler Raum. Beide Arten zeigen eine massive Ausbreitungstendenz in der unteren Stufe der subalpinen Nadelwälder. Die ungebremte Ausbreitung dauerte fast bis in die Bronzezeit und an deren Beginn hatte *Abies* nach KRAL (1979) im Alpenraum die weiteste Verbreitung. Wie weit der Mensch beim Einwandern und Ausbreiten schon mitbeteiligt war, ist eine noch offene Frage. Wenn eine

Beteiligung angenommen wird, so sicher nur indirekt durch Förderung von *Fagus* als Nutzbaum – Verbreitung von Samen.

Daß der Mensch in dieser Zeit schon im Gebiet seßhaft war, wurde durch die Untersuchungen von WAHLMÜLLER (1985) nachgewiesen. Spätestens ab dem mittleren Atlantikum um etwa 6.500 beginnt im Raum Tirol die Neolithisierung und damit der Ackerbau. Untrennbar damit verbunden ist die direkte und indirekte Einflußnahme auf die gesamte Vegetation. (BORTENSCHLAGER I. & S. 1981). In Tieflagen sind es Rodungen für den Ackerbau, später auch in mittleren und höheren Lagen für den Bergbau. In Hochlagen macht sich die Weidewirtschaft deutlich bemerkbar, wie es besonders auf den Matten über der Waldgrenze im Ötztal nachgewiesen werden konnte (BORTENSCHLAGER 2000).

Die wirklich intensive Nutzung und damit Umgestaltung der Wälder begann in der Hallstattzeit mit dem Bergbau und dann mit dem Auftauchen der Römer. Die Tallagen bis hinauf zu den Mittelgebirgen wurden für den Ackerbau gerodet. Aber auch neue Arten kamen in das Gebiet und verwilderten, so führten die Römer *Juglans*, *Castanea* und *Vitis* ein und kultivierten sie intensiv.

Eine gewisse Regeneration der Wälder fand nach dem Zusammenbruch des römischen Imperiums zur Zeit der Völkerwanderung statt, um dann im Mittelalter erneut intensiven Nutzungen Platz zu machen.

Erst in allerjüngster Zeit findet wieder eine Regeneration des Waldes statt, die natürliche Artenkombination mußte aber der Forstwirtschaft Tribut zollen, es entstanden häufig Monokulturen – Holzfabriken.

Literatur

- BORTENSCHLAGER, I. (1976): Beiträge zur Vegetationsgeschichte II: Kufstein – Kitzbühel – Paß Thurn. Ber. Nat.-med. Verein Innsbruck 63: 105-137.
- BORTENSCHLAGER, I. & BORTENSCHLAGER, S. (1981): Pollenanalytischer Nachweis früher menschlicher Tätigkeit in Tirol. Veröff. Museum Ferdinandeum 61: 5-12.
- BORTENSCHLAGER, S. (1970): Konnte die Fichte die letzte Eiszeit am Ostalpenrand überdauern? Probleme der weichsel-spätglazialen Vegetationsentwicklung in Mittel- und Nordeuropa. Int. Palynol. Arbeitstag. Frankfurt/Oder: 139-145.
- BORTENSCHLAGER, S. (1984a): Die Vegetationsentwicklung im Spätglazial: Das Moor beim Lanser See III, ein Typpprofil für die Ostalpen. In: LANG, G.: Festschrift MaxWelten. – Diss. Bot., Vaduz, 72: 71-79.
- BORTENSCHLAGER, S. (1984 b): Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols I: Inneres Ötztal und unteres Inntal. Ber. Nat.-med. Verein Innsbruck 71: 19-56.
- BORTENSCHLAGER, S. (2000): The Iceman`s environment. In: The man in the ice. Vol IV – The Iceman and his natural environment, im Druck.
- FRENZEL, B. (1964a): Über die offene Vegetation der letzten Eiszeit am Ostrand der Alpen. Verh. Zool.-bot. Ges. Wien 103/4: 110-143.
- FRENZEL, B. (1964b): Zur Pollenanalyse von Lössen. Eiszeitalter und Gegenwart 15: 5-39.
- FRITZ, A. (1965): Pollenanalytische Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte im oberen Drautal, Kärnten. Carinthia II: 75 (155): 89-115.

- KRAL, F. (1979): Spät- und postglaziale Waldgeschichte der Alpen auf Grund der bisherigen Pollenanalysen. Veröff. Inst. f. Waldbau Univ. Bodenkultur Wien.
- SEIWALD, A. (1980): Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols IV: Natzer Plateau – Villanderer Alm. Ber. Nat.-med. Verein Innsbruck 67: 31-72.
- WAHLMÜLLER, N. (1985) Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols V: Nordtiroler Kalkalpen. Ber. Nat.-med. Verein Innsbruck 72: 101-144

¹⁴ C a BP	Age	Chronozone	Archaeologic Classification	Cal a AD/BC
2.500	POST-GLACIAL FLANDRIAN HOLOCENE	SUBATLANTIC	MODERN TIMES	1.500
			MIDDLE AGE	500
			ROMAN TIMES	0
			IRON AGE	800
5.000		SUBBOREAL	BRONZE AGE	2.400
			NEOLITHIC	3.900
8.000		ATLANTIC	MESOLITHIC	5.800
				7.050
9.000		BOREAL		7.850
10.000		PREBOREAL		9.150
11.000	LATE-GLACIAL WEICHSELIAN PLEISTOCENE	YOUNGER DRYAS	PALEOLITHIC	
11.800		ALLERÖD		
12.000		OLDER DRYAS		
13.000		BÖLLING		

Abb. 4 Überblick über Zonen, archäologische Perioden und C-14 Daten bzw. kalibrierte Kalenderdaten.

Vegetationsgeschichte im Raum Obergurgl

Sigmar Bortenschlager

Institut für Botanik, Universität Innsbruck, Sternwartestraße 15, A-6020 Innsbruck

Zusammenfassung

Die Wald- und Vegetationsentwicklung im inneren Ötztal und die Schwankungen der Waldgrenzen, die ein direktes Abbild des Klimas sind, werden in aller Kürze dargestellt. Aufgezeigt wird vor allem der frühe und später nachhaltige Einfluß des Menschen auf die Vegetation.

Stichwörter: *Vegetation, Klima, anthropogener Einfluß*

An Orten wie Obergurgl ist die Vegetationsgeschichte direkter Ausdruck der Klima-, Gletscher- und Waldgrenzschwankungen, zu denen in jüngerer Zeit noch menschliche Einflüsse kommen. Der derzeitige Kenntnisstand darüber ist in Abb. 1 zusammengefaßt. Das grundsätzliche Schema ist damit erarbeitet, geringfügige Änderungen können sich aber durch neue Untersuchungen und Methoden noch ergeben.

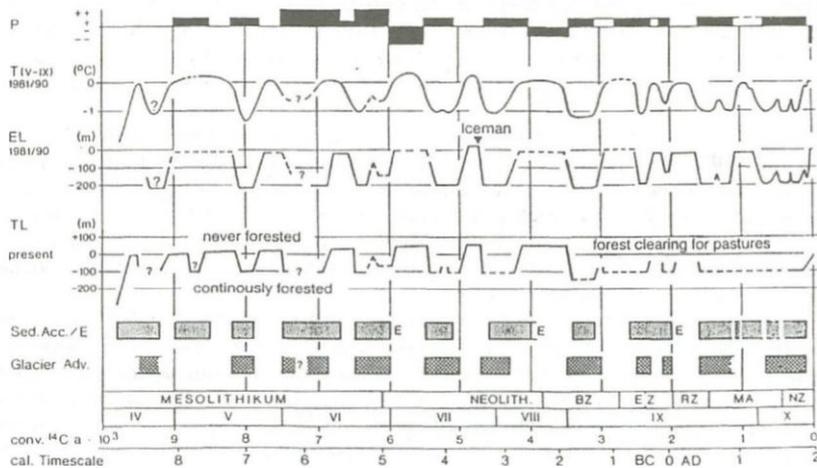


Abb. 1 Chronologie der Gletscherhochstandsperioden (Glacier Adv.), Perioden verstärkter Sedimentakkumulation und Erosion (Sed.Acc./E), Schwankungen der Waldgrenze (TL), Schwankungen der Schneegrenze (EL), Schwankungen der Sommertemperatur (T-(V-IX)) und Änderungen der Niederschlagsmengen (P). Nach PATZELT, BORTENSCHLAGER & POSCHER (1996).

Ergebnisse aus anderen Gebieten der Alpen lassen sich zwanglos in dieses Schema einfügen, sogar Ergebnisse von den Eisbohrkernen in Grönland spiegeln sich teils in den hier erarbeiteten Schemata.

Im ausgehenden Spätglazial fand um etwa 13.000 BP die Wiederbewaldung der Haupttäler in Tirol statt (BORTENSCHLAGER 1984). Kurz davor brachten die Stadiale Steinach und Gschnitz nochmals Gletschervorstöße, wobei der mächtige Ötztalgletscher noch durch das gesamte Ötztal bis an die Mündung in das Inntal vorstieß und dort einen Stausee verursachte. Der Rückzug erfolgte dann nur mit einem kleinen Halt in der älteren Dryas – dem Daun Stadial – kontinuierlich bis zur Jüngeren Dryaszeit – dem Egesenstadial. In diesem Stadial reichte der vereinigte Gletscher aus dem Gurgler und Venter Tal noch bis in die Schlucht unterhalb von Sölden. Der Raum Obergurgl war noch inklusive der Hohen Mut vergletschert, im Bereich von Hochgurgl findet man die Seitenmoränen.

An der Grenze Spät/Postglazial – Pleistozän/Holozän - um 10.000 BP fand mit der endgültigen Erwärmung auf heutige Mittelwerte ein dramatischer Verfall und Rückzug der Gletscher auf Dimensionen der jüngsten Vergangenheit statt. Innerhalb kürzester Zeit verschwanden über 600 m dicke Eismassen.

Für die Einwanderung der Pflanzen und die Vegetationsentwicklung im Raum Obergurgl kann man von folgenden zwei Voraussetzungen ausgehen:

Einerseits war ein gewisser Restbestand auf den Nunatakern vorhanden. Diese Vegetation breitete sich schon seit dem ausgehenden Spätglazial nach unten hin in die eisfrei werdenden Gebiete aus – es waren die arktisch alpinen Elemente, die auch heute noch in der alpinen Stufe vorhanden sind. Eine Artenliste kann hier nicht erstellt werden, da aus dieser Zeit und aus diesen Gebieten keine Untersuchungsobjekte vorhanden sind.

Andererseits wanderten vor der herannahenden „Waldfront“ aus *Pinus* – *P. cembra*, *P. sylvestris*, *P. mugo*, *Larix*, *Betula*, *Alnus* und *Sorbus* die Apokraten mit Vertretern der Steppenflur und der Zwergstrauchheide in das Gebiet ein. Die Waldgrenze stieg bereits im Interstadial Alleröd - 11.800 – 11.000 BP - etwa bis in Höhen an, die 200 m unter der heutigen potentiellen Waldgrenze lagen. Damit ergibt sich für das Spätglazial im Ötztal das Bild, daß im Talgrund die mächtige Gletscherzunge lag, an den Hängen aber bereits Wald stockte.

Der Rückschlag der Jüngeren Dryas hat diese Hangwälder sicher tangiert aber nicht vernichtet. Wir müssen um etwa 10.000 BP mit Waldgrenzbeständen oberhalb von Sölden rechnen. Von dort aus erfolgte im beginnenden Postglazial die Bestockung des inneren Gurgler Tales, wofür Funde von Zirbenästen, -zapfen und -samen im Moor bei der Schönwieshütte, die ein Alter von 9.590 haben, der Beweis sind. Spätestens ab diesem Zeitpunkt müssen wir im gesamten Ötztal mit geschlossenen Wäldern und einer Waldgrenze in Höhe der heutigen natürlichen Waldgrenze rechnen.

Die natürliche Waldgrenze ist die markanteste Vegetationsgrenze in den Alpen. Als gesichert kann gelten, daß sie einerseits von einer Temperatursumme während der Vegetationsperiode abhängt, andererseits aber auch gewisse Minimaltemperaturen gegeben sein müssen. Das kritische Phänomen ist die Frosttrocknis, die bei unreifen Nadeln verheerende Auswirkungen hat. Darauf hat schon MICHAELIS (1934) hingewiesen und diese Theorie hat TRANQUILLINI und seine Mitarbeiter experimentell bestätigt (siehe Beitrag von TRANQUILLINI in diesem Exkursionsführer).

Die Waldgrenze reagiert somit empfindlichst auf Temperaturänderungen während des Sommers, d.h. schlechte Sommer senken die Waldgrenze ab. Dieselben Faktoren aber bewirken eine positive Gletscherbilanz, die Gletscher rücken unter solchen Bedingungen vor und hinterlassen entsprechende Moränen. Damit ist eine Vegetationsgeschichte der Waldgrenze gleichzeitig auch eine Klimageschichte, die sich in den wachsenden Mooren abbildet (Abb. 2).

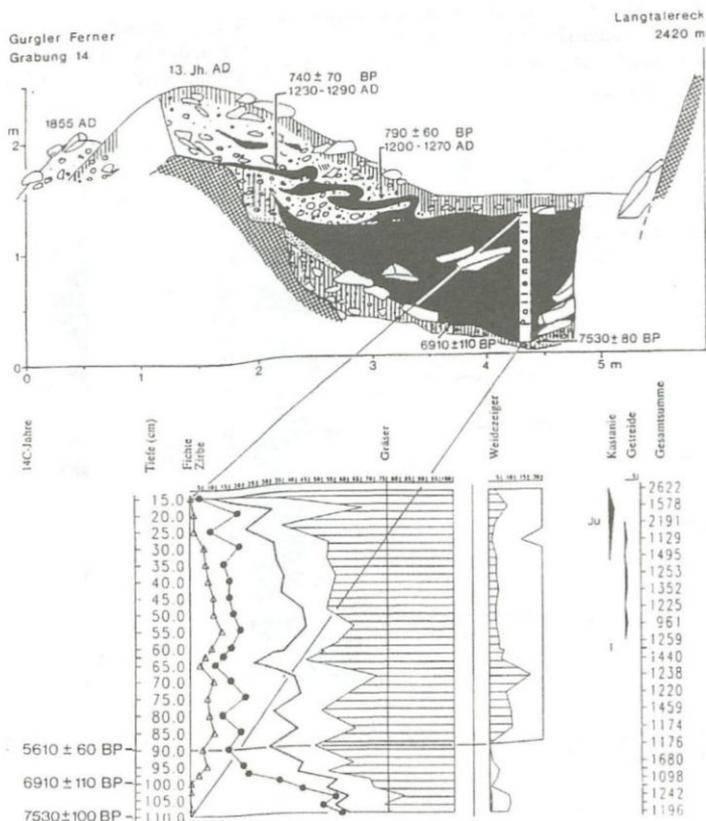


Abb. 2 Moränen- und Moorprofil bei der Langtalereck Hütte mit Pollendiagramm. Nach PATZELT, BORTENSCHLAGER & POSCHER (1996).

Durch zahlreiche pollenanalytische Untersuchungen im inneren Ötztal konnte nachgewiesen werden, daß im gesamten Postglazial die klimatischen Verhältnisse in etwa den heutigen entsprechen und daß die Waldgrenze auf heutiger Höhe lag. Die Oszillationen der Waldgrenze betragen nicht mehr als 150 bis maximal 200 m um den heutigen Mittelwert. Die Herausbildung der Waldgrenze erfolgte in den ersten Jahrhunderten des Postglazials. Ab 9.500 BP gab es eine „Klimaxwaldgrenze“ die aus den Ersteinwanderern *Pinus cembra*, *P. sylvestris* in geringem Maße auch *P. mugo*, *Larix*, *Betula*, *Alnus viridis* und *Sorbus aucuparia* bestand. Erst im ausgehenden Boreal, vor allem dann im beginnenden Atlantikum wanderte langsam aus dem Inntal *Picea abies* ein und trug zur Ausbildung der auch heute noch gleich zusammengesetzten subalpinen Nadelwälder bei. Diese endgültige artenmäßige Zusammensetzung wurde im mittleren Atlantikum etwa um 6.500 BP erreicht. Ab diesem Zeitpunkt muß man auch in dieser Höhenlage bereits mit dem Einfluß des Menschen rechnen. Die weiten alpinen Matten dienten als Weideflächen und diese Nutzung trug nachhaltig zu einer Änderung des Artenspektrums bei, wie im Profil Langtalereck (Abb. 2) deutlich sichtbar wird.

Die ab 5.500 BP fortschreitende Abkühlung und Intensivierung der Nutzung und die damit verbundenen Brandrodungen brachten die erste systematische Einflußnahme auf Waldgrenze und Vegetation. Dieses Faktum ist schön im Pollenprofil von der Gurgler Alm (Abb. 3) zu erkennen.

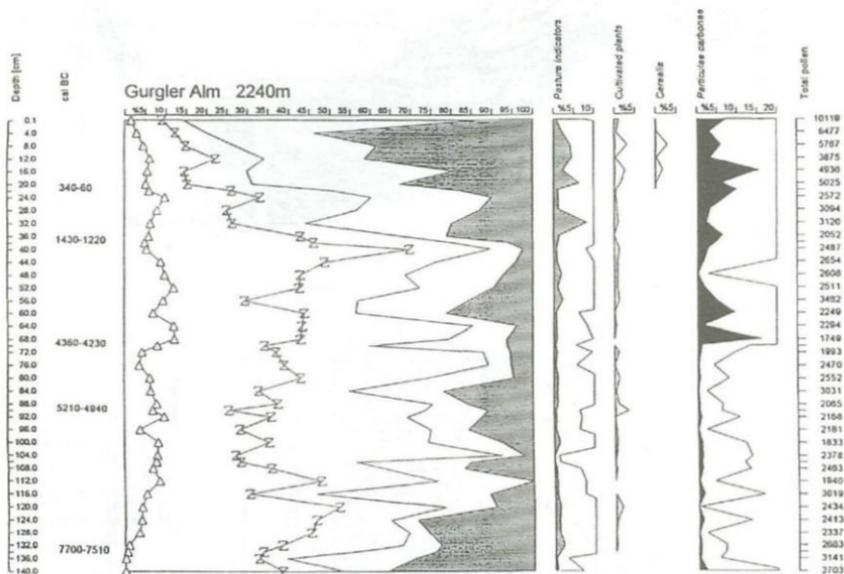


Abb. 3 Vereinfachtes Pollendiagramm des Profils „Gurgler Alm“. Nach VORREN, MORKVED & BORTENSCHLAGER (1993).

Besonders intensiv wird dann die Waldgrenze ab der Bronzezeit beeinflusst, was sich in den Pollenprofilen durch eine Zunahme der Nichtbaumpollen bis auf über 50 % abzeichnet. Der Wald wurde großflächig zur Gewinnung von Weideland von oben her abgebrannt. Ab dieser Zeit können auch die ersten Nachweise für Bewässerung erbracht werden (PATZELT 1997). Es kann angenommen werden, daß Heu produziert wurde, mit dem ein geringer Viehbestand in den Hochlagen überwintern konnte. Die ersten Dauersiedlungen entstanden. Ab diesem Zeitpunkt überdecken die intensive Inanspruchnahme der Natur, vor allem die Rodungsaktivitäten, jede natürliche klimatische Beeinflussung der Waldgrenze und Pollenprofile sind in dieser Richtung kaum mehr auszuwerten.

Abschließend kann die Vegetationsentwicklung im inneren Ötztal wie folgt zusammengefaßt werden:

Die Ausbildung der heutigen subalpinen Nadelwälder und der Waldgrenze begann bereits in der ersten Hälfte des Präboreals kurz nach dem Eisfreiwerden des Gebietes.

Ab etwa 6.500 BP haben sich subalpine Nadelwälder in endgültiger Zusammensetzung im inneren Ötztal etabliert.

Ab 5.500 BP greift der Mensch zuerst unbewußt durch Weidewirtschaft, später bewußt durch Brandrodung nachhaltig in das Naturgefüge ein. Diese Eingriffe werden bis in die jüngste Vergangenheit intensiviert.

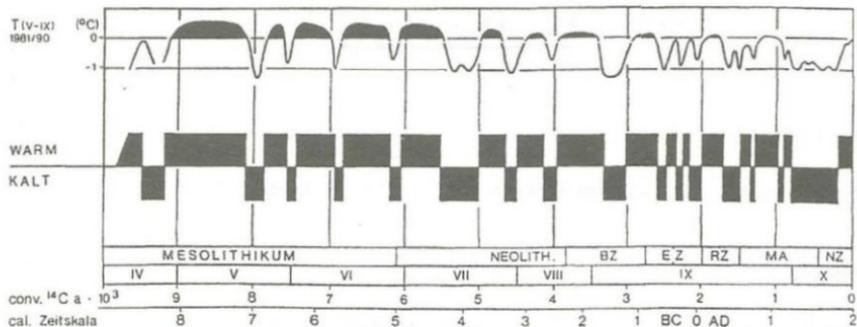


Abb. 4 Chronologie der postglazialen Kalt- und Warmphasen mit quantitativer Abschätzung der Abweichungen der Sommertemperatur vom Mittelwert 1981/90. Nach PATZELT (1999)

Im Hinblick auf die Klimageschichte kann hier ebenfalls festgehalten werden:

Die Waldgrenze kann als Klimaindikator für die Temperaturen während der Vegetationsperiode gelten.

Die Waldgrenze und damit auch die Temperatur während der Vegetationsperiode schwankte im gesamten Postglazial etwa 150 m bzw. maximal um 2 Grad um den heutigen Mittelwert.

Etwa $\frac{3}{4}$ der Zeit des Postglazials war deutlich wärmer als heute und mit dem prognostizierten Temperaturanstieg nähern wir uns erst den Werten, die schon mehrmals im Postglazial aufgetreten sind.

Literatur

- BORTENSCHLAGER, S. (1984): Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols I. Inneres Ötztal und unteres Inntal. Ber. Nat.-med. Verein Innsbruck 71: 19-56.
- MICHAELIS, P. (1934): Ökologische Studien an der alpinen Baumgrenze. IV. Zur Kenntnis des winterlichen Wasserhaushaltes. Jb. f. wiss. Botanik 50: 169-246.
- PATZELT, G., BORTENSCHLAGER, S. & POSCHER, G. (1996): Exkursionsführer Exkursion A1 Tirol: Ötztal-Inntal. Exkursionsführer DEUQUA.
- PATZELT, G., KOFLER, W. & WAHLMÜLLER, B. (1997): Die Ötztalstudie – Entwicklung der Landnutzung. Alpine Vorzeit in Tirol: 46-62.
- PATZELT, G. (1999): „Global warming“ im Lichte der Klimageschichte. - Sozialpolitik und Ökologieprobleme der Zukunft, Österr. Akad. d. Wiss.: 395 – 406.
- VORREN, K. D., MORKVED, B. & BORTENSCHLAGER, S. (1993): Human impact on the holocene forest line in the Central Alps. Vegetation history and Archaeobotany 2: 145-156.

Der Mann im Eis

Klaus Oeggel

Institut für Botanik, Universität Innsbruck, Sternwartestrasse 15, A-6020 Innsbruck

1. Einleitung

Im mittleren Alpenraum war wenig über das Neolithikum bekannt, und so wurde die Auffindung des Mannes im Eis im Jahre 1991 zur Sensation in der Urgeschichtsforschung. Zum ersten Mal wurde die Wissenschaft mit einer noch nie dagewesenen Situation konfrontiert: Ein Neolithiker mit seiner gesamten Ausrüstung weit ab von jeder bisher bekannten Siedlung hat sich im Eis eines Gletschers auf dem Tisenjoch (Öztaler Alpen) nahezu unverseht erhalten.

Der Fund zeichnet sich durch zwei Eigenschaften gegenüber anderen urgeschichtlichen Funden aus. Erstens ist der gesamte Fund wegen seiner Lagerung im Eis in einem ausgezeichneten Erhaltungszustand, und zweitens ist durch die Einbettung des Fundkomplexes in einer Felswanne, die als Sedimentfalle wirkt, nicht nur der Mann im Eis, sondern auch seine gesamte Ausrüstung fast vollständig erhalten geblieben (BAGOLINI et al. 1996). Diese Voraussetzungen bieten die seltene Gelegenheit, die letzten Tage eines Neolithikers in den Alpen genau zu rekonstruieren, und damit neue Informationen zum täglichen Leben eines Menschen vor 5000 Jahren zu erfahren.

Insbesondere die Archäobotanik trägt wesentlich zur Klärung der zahlreichen Fragen, die diese Entdeckung im Nivalbereich der Öztaler Alpen aufgeworfen hat, bei. Sie lassen sich in drei Komplexe gliedern:

- (1) die Lokalisation seines Lebensraumes bzw. seiner Siedlung,
- (2) der Nachweis des Todeszeitpunktes, und
- (3) das Motiv, das den Neolithiker bewogen hat, derartige Höhenlagen aufzusuchen.

Was die Frage nach seinem potentiellen Lebensraum betrifft, so läßt sein Fundort mitten am Alpenhauptkamm zwei Möglichkeiten offen. Entweder befindet sich seine Siedlung nördlich des Alpenhauptkammes im Bereich des Ötztales bzw. Inntales, oder sie liegt südlich im Schnalstal bzw. im Vinschgau. Für beide Möglichkeiten gibt es entsprechende Befunde. GROENMAN-VAN-WATERINGE (1992) nimmt aufgrund der Pollenanalysen von Kleidungsresten des Mannes im Eis an, daß er von Norden gekommen sei, denn das Pollenspektrum aus den Fellen spiegelt die montane Vegetation nördlich des Alpenhauptkammes wider. Dagegen kommt die archaeologische Auswertung der Artefakte zum Schluß, daß der Eismann einer südalpinen Kulturgruppe angehört hat (EGG 1992, SPINDLER 1996). Eine eindeutige Klärung dieser Frage steht noch aus. Neue Daten dazu liefert die archäobotanische Auswertung aller Pflanzenreste, die mit dem Mann im Eis gefunden wurden.

Neben dieser palaeoethnobotanischen Bearbeitung der Befunde werden auch Magen- und Darminhalt untersucht. Der Darminhalt des Mannes im Eis stellt zwar nur eine Momentaufnahme dar, jedoch gilt es zu bedenken, daß diätetische Aspekte nur einen Teil der Informationen darstellen, die aus der archäobotanischen Analyse von Speiseresten gewonnen werden können. Denn in den Nahrungsresten aus dem Darm sind in Form von Blütenstaub

auch Daten verschlüsselt, die Auskunft über den Lebensraum und die Todeszeit des Eismannes geben können.

Zuletzt liefern umfangreiche pollenanalytische Untersuchungen an Torfprofilen hochgelegener Moore aus der unmittelbaren Umgebung des Fundortes ein detailliertes Bild der Vegetationsverhältnisse im Neolithikum. Sie geben Aufschluß über ein Motiv, das den Mann im Eis bewogen hat, diese Höhenlagen aufzusuchen. Im folgenden liefert die archaeobotanische Auswertung der Funde vom Tisenjoch ihren Beitrag, um so den Lebensraum und die Lebensumstände des Mannes im Eis zu rekonstruieren.

Probennummer	Bezeichnung	Holzarten	Anzahl
B-91/15	Bogen	Eibe (<i>Taxus baccata</i> L.)	1
	Beilschäftung	Eibe (<i>Taxus baccata</i> L.)	1
	Pfeilschäfte	Wolliger Schneeball (<i>Viburnum lantana</i> L.)	14
		Hartriegel (<i>Cornus</i> L.)	1
	Köcherversteifung	Hasel (<i>Corylus avellana</i> L.)	1
	Messergriff	Esche (<i>Fraxinus</i> cf. <i>excelsior</i> L.)	1
B-91/22	Holz auf Fell aus Q10	Lärche (<i>Larix decidua</i> MILL.)	1
B-91/23	Holz, Streufund	Grünerle (<i>Alnus viridis</i> (CHAIX.) DC)	1
B-91/27	Traggestell Bretter	Lärche (<i>Larix decidua</i> MILL.)	1
B-91/28	Traggestell, U-Holm	Hasel (<i>Corylus avellana</i> L.)	1
B-91/29	Retuschierwerkzeug	Linde (<i>Tilia</i> L.)	1
RGZM-91/95	Leder, Schnüre, Fell	Eibe (<i>Taxus baccata</i> L.)	2
		cf. Weide (cf. <i>Salix</i> L.)	1
RGZM-91/96	Haare, Fasern, Schnüre	Hasel (<i>Corylus avellana</i> L.)	1
RGZM-91/106	Genähtes Leder	Lärche (<i>Larix decidua</i> MILL.)	3
		Birke (<i>Betula</i> L.)	1
RGZM-91/138	Haarreste	wahrscheinlich Fichte (<i>Picea/Larix</i> -Typ)	4
		Lärche (<i>Larix decidua</i> MILL.)	2
RGZM-91/139	Gras- und Blätterreste	Lärche (<i>Larix decidua</i> MILL.)	3
		Hasel (<i>Corylus avellana</i> L.)	1
RGZM-92/48	Holz	Wolliger Schneeball (<i>Viburnum lantana</i> L.)	1
RGZM-92/65	Holz und Fell	indet.	1
RGZM-92/99	Haar und Holz	Birke (<i>Betula</i> L.)	2
RGZM-92/106	Holz	Wolliger Schneeball (<i>Viburnum lantana</i> L.)	1
RGZM-92/116	Bogenteil	Eibe (<i>Taxus baccata</i> L.)	1
RGZM-92/131	Holz	Wolliger Schneeball (<i>Viburnum lantana</i> L.)	1
RGZM-92/217	Holz	Lärche (<i>Larix decidua</i> MILL.)	1
RGZM-92/275	Holz	Grünerle (<i>Alnus viridis</i> (CHAIX.) DC)	2
RGZM-92/285	Gras, Haare, Holz	Lärche (<i>Larix decidua</i> MILL.)	1
RGZM-92/292	Holz, Gras	Kiefer (<i>Pinus</i> L.)	1
RGZM-92/400	Holz und Haare	Lärche (<i>Larix decidua</i> MILL.)	1
RGZM-93/117	Waschrückstand der Fellmütze	Zirbe (<i>Pinus cembra</i> L.)	1

Tab. 1 Ergebnis der Holzanalysen: Holzartenspektrum der unverkohnten Hölzer (Artefakte und übrige Holzfundstücke vom Fundort)

2. Methodologische Aspekte

Die Rekonstruktion des Lebensraumes erfolgt anhand von drei Datenquellen. Der erste Datensatz besteht aus den dendrologischen Analysen der hölzernen Artefakte, Hölzer und Holzkohlen, die auf der Grabung oder beim Reinigen der Fundgegenstände entdeckt wurden. Ihre ökologische Auswertung basiert auf der Annahme, daß Holz im Neolithikum ein wichtiger Rohstoff zur Herstellung von Geräten des täglichen Gebrauchs war. Dieser Rohstoff muß in großen Mengen leicht verfügbar gewesen sein und deshalb aus der unmittelbaren Umgebung des Mannes im Eis stammen. Konsequenter Weise spiegelt das Holzartenspektrum in einer eingeschränkten Weise die Vegetation seines Lebensraumes wider.

Die zweite Datenquelle stammt aus dem Körper des Eismannes, im speziellen von der Koprolythenanalyse der Speisereste aus seinem Dickdarm (Colon). Der Makro- und Mikrofossilgehalt dieser Proben gibt Auskunft über seine Ernährung und das Habitat, in dem sich der Eismann unmittelbar vor seinem Tod aufgehalten hat.

Der dritte Datensatz zur Rekonstruktion der Vegetationsverhältnisse zu Lebzeiten des Mannes im Eis setzt sich aus zahlreichen Pollenprofilen aus Mooren im hinteren Ötztal zusammen (BORTENSCHLAGER 2000).

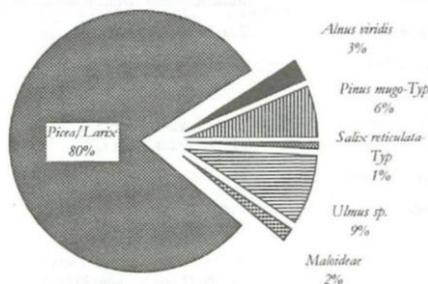


Abb. 1 Ergebnis der Holzkohlenanalysen aus den Kleidungsstücken des Mannes im Eis und aus Bodenproben der Fundstelle.

2.1. Dendrologische Analysen

Das Artenspektrum der gefundenen Gehölze (Tab. 1) verteilt sich auf 13 Holzarten, die unverkohlt nachgewiesen sind. Neun davon wurden zur Herstellung der Waffen und Geräte verwendet. Die Grünerle (*Alnus viridis*) diente als Bindematerial, von den drei restlichen (*Pinus*, *Pinus cembra*, *Salix*) ist die Verwendung ungewiß. Alle gefundenen Hölzer sind im Untersuchungsgebiet natürlich verbreitet (Tab. 2).

Weitere Informationen stammen von Holzkohlenpartikeln, die in den Waschrückständen und in einer Blattprobe gefunden wurden. Das Artenspektrum der Holzkohlen umfaßt acht verschiedene Arten (Abb. 1): Fichte (*Picea/Larix*-Typ), Kiefer/Latsche (*Pinus mugo*-Typ), Ahorn (*Acer*), Grünerle (*Alnus viridis*), eine Apfelartige (Maloideae), wahrscheinlich Felsenbirne (*Amelanchier ovalis*), Birke (*Betula*), eine Zwergweide (*Salix reticulata*-Typ) und Ulme (*Ulmus*).

Alle 17 nachgewiesenen Holzarten besitzen eine circumalpische Verbreitung, die im Großmaßstab keine Schlüsse über deren lokale Herkunft erlaubt. Im kleinräumigen Maßstab

gibt es jedoch signifikante Unterschiede, denn die einzelnen Gehölzarten dringen unterschiedlich weit in die inneralpiner Täler vor. Diese kleinräumigen Unterschiede in der Verbreitung der einzelnen nachgewiesenen Arten sind bekannt (DALLA TORRE & SARNTHEIN 1900) und liefern die ersten Hinweise zur Herkunft des Eismannes.

Die phytogeographische Auswertung zeigt anfänglich ein heterogenes Bild. Arten aus allen Vegetationszonen sind vertreten. Jene aus der montanen Stufe überwiegen eindeutig, während subalpine und alpine Arten in der Minderzahl sind (Tab. 2). Die Zwergweiden (*Salix reticulata*-Typ) charakterisieren Fragmente von Schneeboden-Gesellschaften, die für die Nivalstufe nahe des Auffindungsortes typisch sind. Die subalpinen Arten, Kiefer/Latsche (*Pinus mugo*), Zirbe (*Pinus cembra*) und Grünerle (*Alnus viridis*), als auch alle montanen Hölzer müssen durch den Menschen zur Fundstelle gebracht worden sein, da die Waldgrenze im Holozän nie eine Höhe von 3200 m erreicht hat (BORTENSCHLAGER 1992).

Holzart	Arealtyp	Höhenstufe	Vinschgau	Ötztal
Eibe, <i>Taxus baccata</i>	mitteleuropäisch	montan	+?	-
Ahorn, <i>Acer platanoides</i>	mitteleuropäisch	montan	+	-
Esche, <i>Fraxinus</i>	mitteleuropäisch, submediterrän	montan	+	+
cf. Felsenbirne, cf. <i>Amelanchier ovalis</i>	mitteleuropäisch, Alpen	montan	+	+
Hartriegel, <i>Cornus</i>	mitteleuropäisch, submediterrän	montan	+	+
Hasel, <i>Corylus avellana</i>	mitteleuropäisch	montan	+	+
Linde, <i>Tilia</i>	mitteleuropäisch	montan	+	+
Ulme, <i>Ulmus</i>	mitteleuropäisch	montan	+	+
Wolliger Schneeball, <i>Viburnum lantana</i>	submediterrän	montan	+	+
Kiefer, <i>Pinus sylvestris</i>	subbboreal	montan	+	+
Lärche, <i>Larix decidua</i>	boreal	(montan), subalpin	+	+
Fichte, <i>Picea abies</i>	boreal	montan - subalpin	+	+
Zirbe, <i>Pinus cembra</i>	boreal	subalpin	+	+
Bergkiefer, <i>Pinus mugo</i>	mitteleuropäisch-alpin	subalpin, alpin	+	+
Birke, <i>Betula sect. alba</i>	boreal	montan - subalpin	+	+
Grünerle, <i>Alnus viridis</i>	boreal-subalpin	subalpin	+	+
Spalierweide, <i>Salix reticulata</i> -Typ	arktisch-alpin	alpin	+	+

Tab. 2 Inneralpine Verbreitung der gefundenen Holzarten im Vinschgau und Ötztal. + kommt heute vor, - kommt heute nicht vor, ? Vorkommen im Neolithikum wahrscheinlich.

Quantitativ überwiegt die Fichte (*Picea abies*), die auch der charakteristische Waldbaum im Untersuchungsgebiet ist. Auf die Art bezogen dominieren Hölzer der montanen Stufe (Tab. 2). Vor allem jene Arten, aus denen die Holzartefakte hergestellt wurden, stammen alle aus den montanen Vegetationstypen. Im speziellen herrschen Arten (Tab. 3) der thermophilen Eichenwälder (*Quercetalia pubescenti-petraeae*), der Edellaubwälder und Gebüsche (*Fagetalia*), allen voran die Arten der Schlehengebüsche und Hecken (*Prunetalia*) vor. Spitzahorn (*Acer platanoides*), Eibe (*Taxus baccata*), Esche (*Fraxinus excelsior*), Linde (*Tilia*) und Ulme (*Ulmus*) lassen auf Steilhang- oder Schluchtwälder mit humidem Lokalklima auf nährstoffreichen frischen bis wechselfeuchten Böden schließen. Richtige thermophile Arten wie Flaumeiche (*Quercus pubescens*) oder Mannaesche (*Fraxinus ornus*) fehlen hingegen im Artenspektrum. Arten trockener Standorte wie Felsenbirne (*Amelanchier ovalis*), Wolliger Schneeball (*Viburnum lantana*), Hartriegel (*Cornus*) und eventuell die

Winterlinde (*Tilia cordata*) zusammen mit Fichte (*Picea abies*), Lärche (*Larix decidua*) und Kiefer (*Pinus*) weisen auf das Ökoton zwischen thermophilem Eichenwald (*Quercetum pubescentis*) und dem montanen Fichtenwald (*Piceetum montanum*) hin (Tab. 3).

Die Verbreitung dieser Gehölze in den Wäldern nördlich und südlich des Alpenhauptkammes ist unterschiedlich. Nördlich des Fundortes, im Ötz- und Inntal, sind die klimatischen und edaphischen Bedingungen günstig für Fichte (*Picea abies*) und Kiefer (*Pinus*). Die anspruchsvolleren Laubwaldtypen (*Quercus-Fagetes*, *Quercetes robori-petreae*) finden sich nur an kleinräumigen Sonderstandorten, da ihre weitere Ausbreitung durch das Auftreten von Spätfrösten in diesen Tälern behindert wird. Im Gegensatz dazu sind die wärmeliebenden Laubwälder (*Quercetalia pubescentis*) in den Tälern südlich des Alpenhauptkammes gut ausgeprägt. Im unteren Vinschgau und an Eingängen von Nord-Süd verlaufenden Kerbtälern oder Schluchten sind diese Waldtypen bis zu einer Höhenlage von 1100 m zu finden (PEER 1982). Aufgrund dieser Situation ist die potentielle Lage der Siedlung des Eismannes im Bereich des unteren Vinschgaus und im unteren Schnalstal bzw. dessen Eingang zu vermuten. Diese Ergebnisse werden durch die bryologischen Untersuchungen der beim Eismann gefundenen Moose untermauert. Auch die phytogeographische Auswertung der Moose, insbesondere der *Neckera*-Arten, zeigt eine deutliche Präferenz der im Süden verbreiteten Moosarten (DICKSON et al. 1996).

	Flaum- eichen- wälder	Eichen- wälder	Kiefern- wälder	Fichten- wälder	Schlucht- wälder	Auen- wälder	Hecken	Wald- grenze	Krumm- holz	Schne- täler
Ötztal <100km	①	◆	◆	◆	①	◆	◆	◆	◆	◆
Vinschgau <25km	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
<i>Taxus baccata</i>	②	-	-	-	②	-	-	-	-	-
<i>Picea abies</i>	-	-	-	◆	-	◆	-	-	-	-
<i>Larix decidua</i>	-	-	-	◆	-	-	-	◆	-	-
<i>Pinus cembra</i>	-	-	-	-	-	-	-	◆	-	-
<i>Pinus mugo/sylvestris</i>	◆	◆	◆	◆	-	-	-	-	◆	-
<i>Salix reticulata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	◆
<i>Alnus viridis</i>	-	-	-	-	◆	-	-	-	◆	-
<i>Betula sect.albae</i>	-	◆	◆	◆	-	-	-	◆	-	-
<i>Corylus avellana</i>	◆	-	-	-	◆	◆	◆	-	-	-
<i>Ulmus</i>	◆	-	-	-	◆	◆	◆	-	-	-
<i>Amelanchier ovalis</i>	◆	◆	◆	-	-	-	◆	-	-	-
<i>Acer platanoides</i>	-	-	-	-	②	②	-	-	-	-
<i>Cornus</i>	◆	◆	-	-	-	◆	◆	-	-	-
<i>Fraxinus excelsior</i>	◆	-	-	-	◆	◆	-	-	-	-
<i>Viburnum lantana</i>	◆	-	◆	-	-	-	◆	-	-	-
<i>Tilia</i>	◆	◆	-	-	◆	◆	-	-	-	-

Tab. 3 Dendroökologische Auswertung der Holzanalysen. ◆ = kommt vor, ① = im Ötztal nicht vorkommend, ② = nur südlich des Alpenhauptkammes vorkommend

2.2. Die Colonprobe

Die zweite Datenquelle zur Rekonstruktion des Lebensraumes stammt aus dem Körper des Mannes im Eis selbst. Koproolithenanalysen der Speisereste aus seinem Dickdarm (Colon) liefern direkte Hinweise auf das Habitat, in dem er sich unmittelbar vor seinem Tod aufgehalten hat. Die Pflanzenreste des Darminhaltes sind zuverlässigere Hinweise als die Artefakte, da die Mikro- und Makrofossilien noch zu Lebzeiten unmittelbar vor seinem Tod aufgenommen wurden und nicht nachträglich kontaminiert werden konnten. Die Probe aus dem Colon beinhaltet Getreidereste, Holzkohlenpartikel, Mineralteilchen, Pollen, Diatomeen und Parasiteneier vom Peitschenwurm (*Trichuris trichiura*).

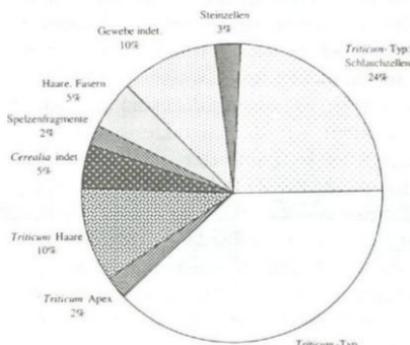


Abb. 2. Die Pflanzenreste aus dem Speisebrei aus dem Dickdarm (Colon) des Mannes im Eis

Die Pflanzengroßreste (Abb. 2) bestehen hauptsächlich aus Kleie und Kaff von Einkorn (*Triticum monococcum*), eindeutig an den Schlauchzellen in der Samenschale zu identifizieren. Es überwiegen kleine Testareste (<125µ), die auf ein fein gemahltes Mehl schließen lassen. Neben Einkorn (*Triticum monococcum*) zeugen Muskelfasern und verkohlte Knochenpartikel, daß auch Fleisch konsumiert wurde.

Die Pollenflora in den Nahrungsresten ist bei weitem diverser als die Großreste (Abb. 3). 30 Pollentypen, 2 Sporen und 16 Diatomeenarten wurden nachgewiesen. Auffallend ist, daß die Baumpollen mit 84% im Spektrum dominieren und die Nichtbaumpollen nur 16% ausmachen. Normalerweise würde man erwarten, daß in Anbetracht der möglichen Nahrungspflanzen Kräuter- bzw. Nichtbaumpollen überwiegen. Um dies zu verstehen, muß man sich mit der Entstehung dieser „Ablagerung“ auseinandersetzen. Die Taphonomie des Pollenspektrums aus dem Darm ist komplex und der Pollen kann von verschiedenen Quellen stammen. Es ist daher zweckdienlich, den Pollen entsprechend der Aufnahme in den Körper in künstlichen Gruppen zu klassifizieren (REINHARD & BRYANT 1992). Es werden zwei Klassen unterschieden:

- Ökonomische Pollen sind jene, die Nahrungspflanzen anhaften und mit diesem aufgenommen werden.

In diese Kategorie fallen Pollen des Getreides (*Cerealia*-Typ), der Leguminosen (Papilionaceae) als Vertreter von Kulturpflanzen, und Gänsefußgewächse (Chenopodiaceae), Breitwegerich (*Plantago major*-Typ), Flohköcherich (*Polygonum persicaria*-Typ), Kleiner Sauerampfer (*Rumex acetosella*) und Brennsegelgewächse (Urticaceae), die als Unkräuter auf Äckern oder auf Ruderalstandorten in der Nähe von Siedlungen wachsen.

Höchstwahrscheinlich hafteten diese Unkrautpollen an Teilen von Kulturpflanzen, die als Nahrung konsumiert wurden.

- Hintergrundpollen sind jene, die den Pollengehalt der Luft darstellen und unbeabsichtigt auf indirektem Wege über Atemluft oder Wasser konsumiert werden.

Die Kriterien dieser Klassifizierung sind: Anemophilie, kein dominantes Auftreten in Honigen aus dem Alpenraum (VORWOHL 1972) und die geringe Pollenkonzentration.

Das Pollenspektrum des Hintergrundpollens repräsentiert einen Laubwald, dominiert von der Hopfenbuche (*Ostrya carpinifolia*) mit Beimengungen von Birke (*Betula*), Hasel (*Corylus avellana*), Fichte (*Picea abies*) und Kiefer (*Pinus*) (Abb. 3). Um dieses Spektrum der inneralpinen Vegetation besser zuzuordnen, wurde es mit Spektren eines Oberflächentranssektes durch das Untersuchungsgebiet verglichen (Abb. 3). Es zeigt sich jedoch, daß das Colonspektrum wegen seiner starken lokalen Prägung nicht mit diesen Oberflächenspektren verglichen werden kann. Trotzdem läßt sich einiges daraus ablesen:

1. Die *Ostrya*-Pollen stammen nicht vom Eiswasser des Auffindungsortes.
2. Pollen der Hopfenbuche (*Ostrya carpinifolia*) sind nur südlich des Alpenhauptkammes verbreitet und weisen damit auf die charakteristische Vegetation der Tallagen im Vinschgau bzw. unteren Schnalstal hin.
3. Ein absichtliches Konsumieren dieses Pollentyps wird ausgeschlossen, da in Europa die Verwendung von Blütenstaub zu Nahrungs- und Heilzwecken im Gegensatz zu Amerika unbekannt ist, und außerdem die Pollenkonzentration mit 9300 Pollenkörnern/g für eine absichtliche Konsumation zu gering ist.

Damit liefert der Hopfenbuchenpollen (*Ostrya carpinifolia*) den Beweis, daß sich der Eismann unmittelbar vor seinem Tod im Bereich der thermophilen Laubmischwälder des Schnalstaales bzw. des Vinschgaus aufgehalten hat.

Über die Art der Aufnahme dieser Pollentaxa geben die gefundenen Diatomeen Auskunft. Alle nachgewiesenen Arten stammen aus Gebirgsbächen und legen damit nahe, daß der Großteil des Hintergrundpollens mit dem Trinkwasser aufgenommen wurde (ROTT 2000).

Doch damit ist der Informationsgehalt der vorliegenden Daten nicht erschöpft. Da das Pollenspektrum eine Momentaufnahme darstellt, liefern die Pollen neben dieser Umweltrekonstruktion noch detaillierte Daten über die Todeszeit des Eismannes. Bei der Pollenanalyse fiel besonders die Erhaltung der Hopfenbuchenpollen (*Ostrya carpinifolia*) auf. Das faszinierende an den Hopfenbuchenpollen (*Ostrya carpinifolia*) ist, daß der Mikrogametophyt erhalten geblieben ist. Auch ein Teil der Birkenpollen (*Betula*) zeigt das gleiche Phänomen. Diese seltene Erhaltungsform ist aber nur möglich, wenn der Pollen unmittelbar nach der Emission aus der Blüte vom Mann im Eis aufgenommen wurde. Eine Evaluation der Blühphasen der dominanten Pollentypen des Pollenspektrums aus dem Darm zeigt, daß eindeutig Frühjahrsblüher überwiegen, charakteristische Herbstblüher wie Beifuß (*Artemisia*), die weit verbreitet und gut in der Luft repräsentiert sind, fehlen hingegen. Nachdem die Hopfenbuche (*Ostrya carpinifolia*) im Vinschgau von März bis Juni blüht, leitet sich daraus ab, daß der Mann im Eis im Frühjahr, spätestens im Frühsommer verstorben ist.

3. Was hat der Mann im Eis dort gemacht?

Eine Reihe von Thesen wurden von Archäologen diskutiert, um zu erklären, was der Eismann dort getan hat. Sie inkludieren einen Wanderer, einen Erzsucher, einen Schamanen als auch einen Hirten (EGG et al. 1993). Da charakteristische Gegenstände eines Erzprospektors bzw. eines Schamanen nicht gefunden wurden, wird der letzten Variante nämlich daß er ein Hirte war, die meiste Bedeutung zugemessen. Auch dazu kann die Pollenanalyse klärend beitragen, denn der Selektionsdruck auf die alpinen Grasmatten durch Beweidung ist pollenanalytisch nachweisbar.

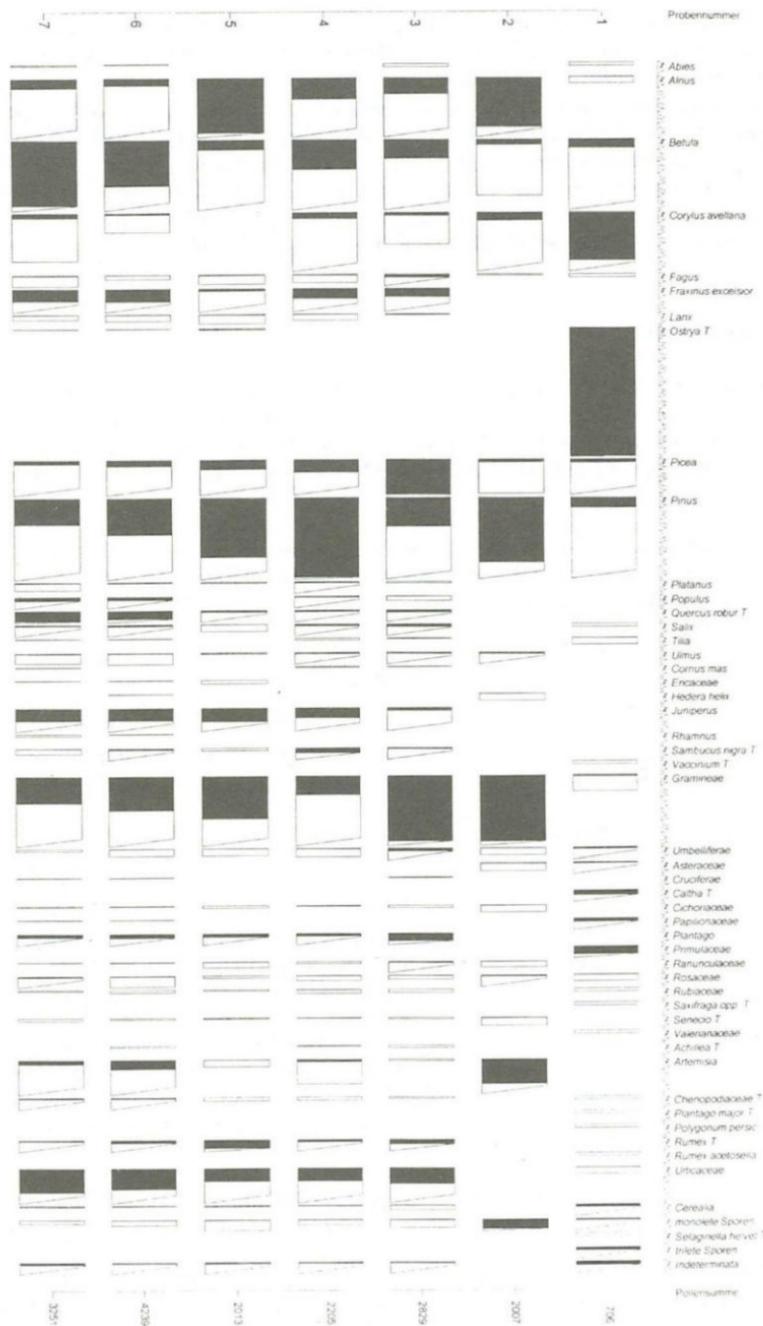


Abb. 3. Pollenspektrum des Colominthales im Vergleich zu rezenten Pollenspektren entlang eines Nord-Süd-Transsektes durch das Untersuchungsgebiet: 1 = Colominthale, 2 = Eisprobe vom Fundort, 3 = Probe aus der montanen Stufe vom nördlichen Alpenrand, 4 = Probe aus der montanen Stufe im Inntal, 5 = Probe aus der subalpinen Stufe im Otztal, 6 = Probe aus der montanen Stufe im Vinschgau, 7 = Probe aus der montanen Stufe im Eischtal (Skalierung: 1 Teilstrich entspricht 5%).

Anthropogene Veränderungen sind im Gebirge schwierig nachzuweisen, da der Mensch oberhalb der Waldgrenze keine neuen Habitate schafft. So führt der Selektionsdruck durch Beweidung „nur“ zu einer verstärkten Ausbreitung von nitrophilen Arten bzw. von Weideunkräutern in den alpinen Grasheiden. Pollen von alpinen Arten, die positiv auf Beweidung reagieren, dienen als Indikatoren für diese anthropogen induzierten Vegetationsveränderungen. Signifikant ist vor allem das Auftreten von Mutterwurz (*Ligusticum mutellina*). In Pollendiagrammen aus dem Ötztal legt die Zunahme dieser Weidezeiger um 5000 BP damit eine Weidenutzung schon Jahrhunderte vor Lebzeiten des Eismannes in diesem Gebiet nahe (BORTENSCHLAGER 2000).

Literatur

- BAGOLINI, B., DAL RI, L., LIPPERT, A. & NOTHDURFTER, H. (1996): Der Mann im Eis: Die Fundbergung 1991 am Tisenjoch, Gem. Schnals, Südtirol. In: SPINDLER, K., RASTBICHLER-ZISSERNIGG, E., WILFLING, H., ZUR NEDDEN, D. & NOTHDURFTER, H. (Hrsg.): Der Mann im Eis. Neue Funde und Ergebnisse. Springer Verlag, Wien: 3 - 23.
- BORTENSCHLAGER, S. (1992): Die Waldgrenze im Postglazial. In: EDER-KOVAR, J. (Hrsg.): Palaeovegetational development in Europe and regions relevant to its palaeofloristic evolution. Vienna.
- BORTENSCHLAGER, S. (2000): The Iceman's environment. In: BORTENSCHLAGER, S. & OEGGL, K. (Hrsg.): The Iceman and his natural environment. The man in the ice Volume 4: 11 - 24.
- DALLA-TORRE, K. W. & SARNTHEIN, L. (1900): Flora der gefürsteten Grafschaft von Tirol, des Landes Vorarlberg und des Fürstenthumes Lichtenstein. 6 Bände, Innsbruck.
- DICKSON, J.H., BORTENSCHLAGER, S., OEGGL, K., PORLEY, R. & MC MULLEN, A. (1996): Mosses and the Iceman's provenance. Proceedings of the Royal Society, London 263: 567 - 571.
- EGG, M. (1992): Zur Ausrüstung des Toten vom Hauslabjoch, Gem. Schnals (Südtirol). In: HÖPFEL, F., PLATZER W. & SPINDLER K. (Hrsg.): Der Mann im Eis. Veröff. der Univ. Innsbruck, 187.
- GROENMAN-VAN WAATERINGE, W. (1993): Analyses of the hides and skins from the Hauslabjoch. in: EGG, M., GEODECKER-CIOLEK, R., GROENMAN-VAN WAATERINGE, W. & SPINDLER, K. (Hrsg.): Die Gletschermumie vom Ende der Steinzeit aus den Ötztaler Alpen. Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums 39: 114 - 128.
- PEER, T. (1982): Die aktuellen Vegetationsverhältnisse Südtirols am Beispiel der Vegetationskarte 1:200.000. - Angewandte Pflanzensoziologie 26: 151 - 168.
- REINHARD, K. J. & BRYANT, V. M. (1992): Coprolite Analysis. A biological perspective on archaeology. In: SCHIFFER, M. B. (Hrsg.): Archaeological method and theory. Volume 4. Tucson & London: 245 - 288.

- ROTT, E. (2000): Diatoms from the colon of the Iceman. In: BORTENSCHLAGER, S. & OEGGL, K. (Hrsg.): The Iceman and his natural environment. The man in the ice Vol. 4: 113 – 122.
- SPINDLER, K. (1996): Iceman's last weeks. In: SPINDLER, K., WILFLING, H., RASTBICHLER-ZISSERNIG, E., ZUR NEDDEN, D. & NOTHDURFTER, H. (Hrsg.): Human mummies. The man in the ice Volume 3: 252 – 263.
- VORWOHL, G. (1972): Das Pollenspektrum von Honigen aus den italienischen Alpen. *Apidologie* 3: 309 – 340.

Alpine Waldgrenze

Walter Tranquillini

Forstliche Bundesversuchsanstalt, Rennweg 1, A-6020 Innsbruck

Die aktuelle obere Waldgrenze in den Alpen liegt infolge Jahrhunderte langer Bewirtschaftung der Hochlagen an vielen Stellen oft mehrere hundert Meter unter der potentiellen Waldgrenze. Dieser anthropogene Einfluß ist in Tirol besonders deutlich ausgeprägt, sodaß hier heute viele Südhänge der Täler völlig entwaldet sind und man von einer subalpinen Entwaldungszone spricht (SCHIECHTL & STERN 1975). Als Folge der Zerstörung der Schutzwälder stieg die Zahl der Lawinen und Wildbäche deutlich an (FROMME 1957). Durch Hochlagenaufforstungen, aber auch durch natürliches Vordringen des Waldes nach Aufhören der Bewirtschaftung, wird die entwaldete Fläche wieder kleiner werden und die Zahl der Lawinen und Wildbäche abnehmen (FUCHS & INTHAL 1992).

Soweit die Waldgrenze heute noch der potentiellen Waldgrenze entspricht, liegt sie in den Nördlichen und Südlichen Kalkalpen mit ozeanisch getöntem Klima um mehrere hundert Meter tiefer als in den Zentralalpen mit kontinentalem Klima, wo sie in Gebieten der größten Massenerhebungen bis 2300 m hoch steigt (MAREK 1910). Die Grenze zwischen geschlossenem Wald und baumfreier alpiner Vegetation ist nicht scharf: der Wald lockert bereits nahe der Waldgrenze auf, darüber finden wir nur mehr Baumgruppen und Einzelbäume, die rasch kleiner werden. Oberhalb der Baumgrenze finden wir schließlich nur mehr zwerghafte, stark verkrüppelte Exemplare der Baumarten, deren oberste Vorkommen die Krüppelgrenze bilden. Den Bereich zwischen Waldgrenze und Krüppelgrenze bezeichnen wir als Kampfzone oder als Waldgrenzökoton (HOLTMEIER 1985). Er ist bei potentiellen Waldgrenzen sehr schmal, kann aber bei anthropogenen Waldgrenzen mehrere hundert Meter breit sein.

Wie man schon seit langem weiß, ist die alpine Waldgrenze eine Wärmemangelgrenze. Bäume benötigen für eine normale Entwicklung ein Mindestmaß an Wärme. Man hat gefunden, daß die Höhenlage der Waldgrenze in den Alpen ungefähr mit der 10° Juliisotherme übereinstimmt. Überall dort, wo die mittlere Julitemperatur über 10° C liegt, ist Wald möglich, liegt sie darunter, gibt es keinen Wald (BROCKMANN-JEROSCH 1919). Wenn wir aber auch die Gebirge in niedrigeren Breitengraden berücksichtigen, finden wir eine gute Übereinstimmung zwischen der Höhenlage der Waldgrenze mit der mittleren Temperatur während der Wachstumsperiode, die zwischen 5,5 und 7,5° C liegt (KÖRNER 1999).

Es stellt sich nun die Frage, warum Bäume, die während der Vegetationsperiode einer mittleren Temperatur unter etwa 6° C ausgesetzt sind, nicht mehr gedeihen können. Die Frage nach den Ursachen der Waldgrenze können wir nur durch ökophysiologische Untersuchungen beantworten. Solche Untersuchungen haben etwa 1930 begonnen, als die hierfür notwendigen Meßgeräte zur Verfügung standen. 1954 wurde in der Nähe von Obergurgl eine ökologische Waldgrenzenstation errichtet, auf der viele Jahre hindurch die Lebensbedingungen und Lebensfunktionen der Bäume an der Waldgrenze und in der Kampfzone gemessen wurden (AULITZKY 1990). 1963 wurde das Klimahaus am Patscherkofel in Betrieb genommen, wo bis heute derartige Untersuchungen durchgeführt werden (TRANQUILLINI 1965). Heute verfügen wir über ein umfangreiches Wissen aus allen Gebirgen und Teilen der Erde.

Als Ursachen für die Begrenzung der Höhengrenze des Waldes kommen in Frage:

1. Klimastress: extreme Kälte im Winter, winterliche Austrocknung (Frostrocknis).
2. Beschädigung der Bäume: durch starken Wind, bewegten Schnee (Lawinen, Schneekriechen).
3. Fehlende Naturverjüngung: geringe Samenproduktion, Samenverbreitung, Keimung, hohe Keimlingsmortalität.
4. Negative C-Bilanz der Bäume: daher kein Material für Zuwachs.
5. Geringes Wachstum: Zellbildung, Zellteilung, Zelldifferenzierung in den Wachstumszonen (Meristemen).

Die wichtigsten an der Waldgrenze in Tirol vorkommenden Holzarten wie Fichte, Zirbe und Lärche vertragen im Winter bedeutend tiefere Temperaturen als an der Waldgrenze vorkommen (SCHWARZ 1970, GROSS 1989). Nur die Buche ist so frostempfindlich, daß ihre blattlosen Triebe an der Obergrenze der Verbreitung, z.B. auf der Nordkette, durch Früh- und Spätfröste, aber auch im Hochwinter geschädigt werden können (TRANQUILLINI & PLANK 1989).

Bei der winterlichen Austrocknung ist es gerade umgekehrt. Fichte, Zirbe und Lärche erleiden im Winter Dürreschäden, die sich nach der Ausaperung bei den Immergrünen durch eine leuchtend rotbraune Verfärbung der Nadeln zeigt. Die Frostrocknisschäden treffen vor allem Bäume der Kampfzone an schneearmen Geländestellen, weil dort der Boden bis zu 5 Monate lang gefroren ist, sodaß jede Wasseraufnahme in dieser Zeit unmöglich ist. Gleichzeitig ist der kutikuläre Verdunstungsschutz der Nadeln verringert, weil sich die Kutikula in der kurzen Wachstumsperiode in dieser Höhenlage nicht voll entwickeln kann. Frostrocknisschäden treten daher vor allem in Jahren mit kurzem und kühlem Sommer auf, weil unter solchen Bedingungen die Neutriebe nicht ausreifen können (TRANQUILLINI 1979).

Demgegenüber bleibt der Wassergehalt von Buchentrieben im Winter weit über dem kritischen Wert, weil in tieferen Lagen und bei hoher Schneebedeckung des Bodens die Wasseraufnahme nicht blockiert ist (TRANQUILLINI & PLANK 1989).

Starker Wind führt zu Deformationen der Baumkronen, die man als Fahnenwuchs bezeichnet und die man an der Schiefstellung der Stämme erkennen kann. Besonders windexponierte Orte, wie Berggipfel, sind häufig unbewaldet. Der Wind sorgt auch für eine ungleichmäßige Schneeverteilung im gegliederten Gelände der Kampfzone. Auf Rippen und Rücken wird der Schnee weggeblasen, sodaß es hier zu den erwähnten Frostrocknisschäden kommt. In Rinnen und Mulden häuft sich der Schnee oft meterhoch an. Hier stehende Bäume werden durch Lawinen und Schneekriechen beschädigt oder von Schneepilzen befallen.

An der Waldgrenze sind Vollmastjahre der Bäume selten, die Zapfen reifen spät, die Keimung ist dadurch behindert, die Keimlingsmortalität hoch. Trotzdem ist eine gute Naturverjüngung im Bereich der Waldgrenze und auch in der Kampfzone zu beobachten. Die Samen der Zirbe werden vom Tannenhäher in großer Menge aus tieferen Lagen bis hoch hinauf in die Kampfzone transportiert und dort vergraben. Sie keimen dann gruppenweise aus (MATTES 1982). Demgegenüber ist der Samentransport der Fichte durch den Wind über die Waldgrenze sehr begrenzt. Bei dieser Baumart kommt es jedoch zu einer vegetativen Vermehrung einzeln stehender Bäume durch Ablegerbildung, welche zur Entstehung von Rotten führt (KUOCH & AMIET 1970).

Die Photosyntheseperiode der Bäume an der Waldgrenze ist stark verkürzt: Lärche und Buche sind an der Obergrenze ihrer Verbreitung nur 4 Monate belaubt. Auch die Immergrünen können aus ihrem dauernden Besitz von Assimilationsorganen nur wenig Nutzen ziehen, weil sie 6 Monate lang die Stomata verschließen und ihr Photosyntheseapparat inaktiv ist (WIESER 1997). Sie können also höchstens 6 Monate lang CO_2 aufnehmen. Die Photosyntheseintensität wird durch starken Wind und durch starke Sonnenstrahlung

herabgesetzt. Dafür können sich die Bäume an die niedrigen Temperaturen gut anpassen: ihr Temperaturoptimum der Photosynthese paßt sich schnell an jede Temperaturänderung an. Selbst bei Temperaturen zwischen 0 und +5° C ist die Photosynthese schon sehr hoch (TRANQUILLINI & HAVRANEK 1985). Messungen der C-Bilanz von Bäumen an der Waldgrenze haben ergeben, daß bei Jungzirben nach Abzug der Atmungsverluste noch 77% des C-Jahreserwerbs für den Zuwachs zur Verfügung steht, bei einer erwachsenen Lärche sind es immer noch 43% (HAVRANEK in Vorbereitung).

Die Ansicht, daß die Waldgrenze dadurch entsteht, daß die Bäume in so hohen Lagen eine negative C-Bilanz aufweisen und dadurch nicht genügend Assimilate für den Zuwachs bilden, trifft also nicht zu.

Das Höhenwachstum der Bäume nimmt mit der Seehöhe ab, besonders rasch im Bereich des Waldgrenzökotons. Die Abnahme beruht z.T. auf der Verkürzung der Streckungsperiode, hauptsächlich aber auf der Abnahme der Wachstumsintensität (TRANQUILLINI & UNTERHOLZNER 1968). Auch eine erbliche Veranlagung für schwaches Wachstum von Hochlagenprovenienzen der Fichte wurde gefunden. Wie Versuche in Klimakammern gezeigt haben, ist die Temperatur an der Abnahme des Wachstums maßgeblich beteiligt: je niedriger die Temperatur, desto später treiben die Versuchspflanzen aus und desto niedriger ist ihre Wachstumsintensität. Die Abnahme des Wachstums bei 6° C ist so stark, daß man von einem Grenzwert für das Wachstum sprechen kann (OBERARZBACHER 1977). Bei dieser Temperatur hört auch das Wachstum der Wurzeln auf. Nachdem bei allen Waldgrenzen der Erde eine mittlere Temperatur während der Wachstumsperiode von etwa 6° C herrscht, liegt es nahe, die Wirkung der Temperatur auf das Wachstum und die Entwicklung der Bäume als Hauptursache für die Waldgrenze anzusehen (KÖRNER 1999).

Literatur

- AULITZKY, H. (1990): Angewandte Forschung für Wildbach- und Lawinenverbauung in Tirol von 1947-1963. Wildbach- und Lawinenverbauung 54, Heft 113: 11-45.
- BROCKMANN-JEROSCH, H. (1919): Baumgrenze und Klimacharakter. Zürich, Rascher und Cie.
- FROMME, G. (1957): Der Waldrückgang im Oberinntal (Tirol). Mitt. Forstl. Bundesversuchsanstalt Mariabrunn 54.
- FUCHS, J. & INTHAL, W. (1992): Schutzwaldverbesserung und Hochlagenaufforstung in Tirol. In: Zustand der Tiroler Wälder, Bericht über das Jahr 1991. Amt der Tiroler Landesregierung, Landesforstdirektion Innsbruck.
- GROSS, M. (1989): Untersuchungen an Fichten der alpinen Waldgrenze. Diss. Bot. 139.
- HAVRANEK, W.M.: In Vorbereitung: Carbon balance of european larch at timberline.
- HOLTMEIER, F.-K. (1985): Die klimatische Waldgrenze – Linie oder Übergangssaum (Ökoton)? Erdk. 39: 271-285.
- KÖRNER, CH. (1999): Alpine plant life. Springer; Berlin, Heidelberg, New York.

- KUOCH, R. & AMIET, R. (1970): Die Verjüngung im Bereich der oberen Waldgrenze der Alpen. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchswes. 46: 159-328.
- MAREK, R. (1910): Waldgrenzestudien in den österreichischen Alpen. Petermanns Mitt. Ergänzungsheft 168.
- MATTES, H. (1982): Die Lebensgemeinschaft von Tannenhäher und Arve. Eidg. Anst. Forstl. Versuchswes. Ber. 241.
- OBERARZBACHER, P. (1977): Beiträge zur physiologischen Analyse des Höhenzuwachses von verschiedenen Fichtenklonen entlang eines Höhenprofils im Wipptal (Tirol) und in Klimakammern. Dissertation Univ. Innsbruck.
- SCHIECHTL, H.M. & STERN, R. (1975): Die Zirbe (*Pinus cembra* L.) in den Ostalpen. Angewandte Pflanzensoziologie 22.
- SCHWARZ, W. (1970): Der Einfluß der Photoperiode auf das Austreiben, die Frosthärte und die Hitzeresistenz von Zirben und Alpenrosen. Flora 159: 258-285.
- TRANQUILLINI, W. (1965): Das Klimahaus auf dem Patscherkofel im Rahmen der forstlichen Forschung. Industrieller Pflanzenbau (Wien) 2: 147-154.
- TRANQUILLINI, W. (1979): Physiological ecology of the alpine timberline. Ecol. Studies 31.
- TRANQUILLINI, W. & HAVRANEK, W.M. (1985): Influence of temperature on photosynthesis in spruce provenances from different altitudes. Eidg. Anst. Forstl. Versuchswes. Ber. 270: 41-51.
- TRANQUILLINI, W. & PLANK, A. (1989): Ökophysiologische Untersuchungen an Rotbuchen (*Fagus sylvatica* L.) in verschiedenen Höhenlagen Nord- und Südtirols. Cbl. ges. Forstwes. 106: 225-246.
- TRANQUILLINI, W. & UNTERHOLZNER, R. (1968): Das Wachstum zweijähriger Lärchen einheitlicher Herkunft in verschiedener Seehöhe. Cbl. ges. Forstwes. 85: 43-59.
- WIESER, G. (1997): Carbon dioxide gas exchange of cembran pine (*Pinus cembra*) at the alpine timberline during winter. Tree Physiol. 17: 473-477.

Untersuchungen zur Ökophysiologie alpiner Pflanzen

Cornelius Lütz

Institut für Botanik, Universität Innsbruck, Sternwartestr. 15, A-6020 Innsbruck

Zusammenfassung

Die Ökophysiologie alpiner Pflanzen wird seit langem am Institut für Botanik bearbeitet und stellt auch in der Zukunft einen Schwerpunkt dar. Es werden einige Beispiele aktueller Forschung aus der Abteilung zu dieser Thematik vorgestellt. Die Arbeiten befassen sich vorwiegend damit, daß von molekularer Ebene bis hin zur Gesamtpflanze Adaptionsmechanismen der Hochgebirgspflanzen an ihren Lebensraum verstanden werden sollen. Freiland- und Laborstudien werden eng miteinander verknüpft.

Stichwörter: Adaption, Entwicklung, Strahlung, Temperatur

Ökophysiologische Studien an Hochgebirgspflanzen haben am Institut für Botanik der Universität Innsbruck eine lange Tradition. Sie sind vielfach in Publikationen oder Buchbeiträgen dargestellt (z. B. CERNUSCA 1989, KÖRNER 1999, LARCHER 1980, 1983), so daß darauf nur exemplarisch eingegangen werden soll. Es erscheint daher in diesem kurzen Beitrag sinnvoll, mehr auf Forschungsarbeiten zur Ökophysiologie der Hochgebirgspflanzen von Mitgliedern der Abteilung aus den letzten Jahren sowie auf interessante Ausblicke einzugehen.

Es ist jedem Hochgebirgswanderer bewußt, daß die Vegetation oberhalb der Baumgrenze mit steigender Höhe einem verstärkten Klimastreß ausgesetzt ist. Dies fühlt der Mensch zunächst an sich selbst und überträgt dieses Fühlen sinngemäß auf die Gebirgsvegetation. So stellt sich schnell die Frage: wie wird diese Klimabelastung ausgehalten? Die in der Regel ortsgebundene Pflanze kann dem klimatischen Einfluß nur durch ortsgebundene Anpassungen begegnen, wie sie ja schon oft beschrieben wurden: Morphologische und anatomische Änderungen im Vergleich zu Tieflandpflanzen, verändertes Keimungs-, Blüh- und Fruktifikationsverhalten, Wachstum in günstigeren Kleinklimaten u.s.w..

Das Pflanzenleben im Hochgebirge ist einer besonders weiten Amplitude von Temperaturen und Lichtintensitäten ausgesetzt, sofern kein Schnee schützend wirkt. Kritisch ist hier vor allem die Kombination von niedrigen Temperaturen mit Starklicht (LÜTZ 1996a). Die für alle Pflanzen so wichtige Photosynthese muß dazu noch mit steigender Höhe des Wuchsortes mit weniger CO₂ auskommen. Pflanzen, die in den Alpen in Höhen etwa zwischen 1800 m und 4000 m siedeln, sollten daher Mechanismen der Adaption entwickelt haben. So gibt es zahlreiche Arbeiten, die sich gerade diesen Adaptionsmechanismen widmen (KÖRNER 1999, LARCHER 1980, 1983, LARCHER et al. 1997, LÜTZ & MOSER 1977, LÜTZ 1987, MOSER 1973, NEUNER et al. 1999 a,b, WAGNER & MITTERHOFER 1998, WILDI & LÜTZ 1996).

Arbeiten zur Wirkung von Umweltbelastungen auf Alpenpflanzen liegen bislang nur in geringem Maße vor (OZENDA & BOREL 1991) und beziehen sich auf die Effekte von erhöhtem CO₂. Hier haben wir an einem mehrjährigen "open-top-chamber-Experiment" mit Hoch-CO₂ in 2500 m NN in der Schweiz mitgewirkt (KÖRNER et al. 1996, THRON 1996, THRON et al. 1997). Erstaunlicherweise waren die stofflichen und morphologischen Änderungen durch Hoch-CO₂ unter den natürlichen, Nährstoff-limitierten Bodenbedingungen gering.

Die Ozonbelastung in der Troposphäre steigt seit 100 Jahren beständig an (VOLZ & KLEY 1988, LÜTZ 1996b), und sie ist in den Alpen seit einigen Jahren eindeutig beschrieben (SMIDT 1993, KIRCHNER et al. 1994). Dabei ist charakteristisch, daß häufig Belastungen von 60-100 ppb über viele Stunden hinweg erreicht werden, und nachts, anders als im Tiefland, nur eine geringe Absenkung beobachtet wird. Obwohl die hohen Ozonwerte bei weitem die AOT-40 - Grenzwerte in Höhenlagen ab 1700 m dauerhaft überschreiten, gab es bis in jüngere Zeit keine Arbeiten zur Wirkung von Ozon auf die Hochgebirgsflora. Hier führen wir seit wenigen Jahren intensive Untersuchungen durch (s.u.).

Die UV-B Belastung von Hochgebirgspflanzen ist international besser untersucht, wobei ein Vergleich mit arktischen Standorten oder der reine Höhengradient bevorzugt beschrieben werden (z.B. CALDWELL et al. 1982, SULLIVAN et al. 1992). Derzeit betreuen wir einige UV-B Simulationsexperimente in Kooperation mit dem Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit (GSF) in München, um die Adaptionsgrenzen von Hochgebirgspflanzen gegenüber erhöhtem UV-B Anteil im Sonnenspektrum zu untersuchen.

Wir können annehmen, daß Hochgebirgspflanzen recht gut mit hartem Klima, starker Strahlung und kurzer Vegetationszeit auskommen. Morphologie, Ökophysiologie und Entwicklungsphysiologie haben bereits viele Adaptionsstrategien verständlich machen können, doch wissen wir über ihre Grundlagen auf der Basis von Physiologie und Cytologie noch wenig. Auch diesen Fragestellungen wurde und wird von Abteilungsmitgliedern im Raum Innsbruck und in den Zentralalpen (Forschungsstelle in Obergurgl/Ötztal) nachgegangen.

Nachfolgend wird ein Überblick über einige unserer Forschungsarbeiten gegeben:

- A. Untersuchungen an Pflanzen mit grün überwinterten Blättern: was macht der Stoffwechsel unter dem Schnee; wie können bei der Schneeschmelze die raschen Schritte ins Starklicht und zu höheren Blattemperatur (oft innerhalb von 1-2 Tagen) verkraftet werden? Hier wurde bei *Soldanella sp.* gezeigt, daß Blätter bedeckt von bis zu 60 cm Altschnee eine gleiche Ultrastruktur wie die sonnenexponierten Blätter hatten. Auch der photosynthetische Elektronentransport unterscheidet sich praktisch nicht (BERGWEILER 1987). Ferner konnten wir bei Messungen unter den Licht- und Temperaturbedingungen einer 30 cm Schneedecke am Standort feststellen: es wird schon soviel Photosynthese gemacht, daß die Atmungsverluste ausgeglichen werden! Damit ist nachgewiesen, daß manche Pflanzen durch Überwintern ihrer grünen, physiologisch immer noch kompetenten Blätter schon unter dünnerer Schneedecke reagieren - und durch diesen Trick die Vegetationszeit etwas verlängern können.
- B. Wie verläuft die Entwicklung von Blättern und Sprossen aus unterirdischen Organen beim Ausapern, wenn die noch jungen Gewebe immer stärkerem Licht, aber auch häufigen Kälteeinbrüchen mit Schneefall ausgesetzt sind? An *Eriophorum sp.*, *Ranunculus glacialis* und *Taraxacum alpinum* stellten wir mit Hilfe cytologischer Beobachtungen und ökophysiologischer Messungen fest, daß die Sproßentwicklung zwar schon bei Temperaturen um 0°C beginnt, aber durch die trotz Lichtexposition nur gering einsetzende Ergrünung verzögert wird (BERGWEILER 1987). Zunächst erfolgt die Biosynthese von Schutzcarotinoiden in der Photosynthesemembran. Die nachfolgende Chlorophyllbiosynthese ist temperaturgesteuert: erst wenn Boden und Pflanze am Tage bestimmte Grenztemperaturen überschritten haben, wird der Photosyntheseapparat voll aufgebaut. Mit Hilfe der darin erzeugten Energie vollendet sich dann die Entwicklung der Pflanze (LÜTZ 1996a).
- C. Viele Stoffwechselreaktionen basieren auf Bildung und Entgiftung von Radikalen und Peroxiden. Die Pflanze hat in der Evolution gelernt, damit fertig zu werden. Ein großer "Radikallieferant" ist die Photosynthese, vor allem, wenn Lichtenergie in chemische Energie bei niedrigen Temperaturen umgewandelt wird. Diese im Hochgebirge häufig anzutreffende Bedingung hat nach unseren Untersuchungen gerade bei vielen Gebirgspflanzen bewirkt, daß mit steigender Seehöhe des Wuchsortes verstärkt Antioxidantien wie Ascor-

binsäure, Glutathion, β -Carotin und α -Tocopherol in den Blättern auftreten. Zwar besitzt jede Pflanze ihr eigenes Antioxidantien-Spektrum, doch die Summengehalte ähneln sich wieder. So finden wir auch hier einen Schlüssel zum Verständnis der Anpassung an ein hartes Klima (LÜTZ 1996a, WILDI & LÜTZ 1996).

- D. Doch wie belastbar sind Hochgebirgspflanzen? Hierzu führen wir seit einiger Zeit Versuche zur Ozonresistenz dieser Pflanzen durch, da in den letzten Jahren im Hochgebirge verstärkt hohe, lange persistierende Ozonkonzentrationen gemessen wurden (s.o.). Studien in der Umweltsimulationsanlage der GSF unter realistischer Luftsimulation ergaben: bei Exposition in O_3 (80 ppb, häufig auftretend im Sommer) über ca. 2 Wochen vergilbten die Blattspitzen von *Carex curvula* und *C. firma* recht schnell; *Leontodon helveticus* zeigte Vergilbungen zwischen den Blattadern und wellige Blätter (THON 1996, BREDER-FRITZEN 1996, WALLNER 1998). Die photochemische Effizienz der Photosynthese war klar beeinträchtigt. Zusätzlich konnten in den Chloroplasten deutliche Membranschädigungen mit dem Elektronenmikroskop gesehen werden. Solche Effekte sind unter Freilandbedingungen bei der Einwirkung verschiedenster Stressoren nur schwer zu erkennen.
- E. Nicht nur stoffliche Adaptionen müssen das Überleben im harten Klima sichern, sondern auch die zeitlich abgestimmte Entwicklung von Embryonalgeweben (WAGNER & TENGG 1993), von Blüten und Knospen, sowie von Samenreife und Samenkeimung (WAGNER & MITTERHOFER 1998). Die Steuerung dieser Faktoren durch Bodenbedingungen und das Kleinklima des jeweiligen Standortes sind bei Gebirgspflanzen wesentlich schwerer zu untersuchen als z.B. bei Agrarpflanzen. Von gravierender Bedeutung für das Überleben ist der Reproduktionserfolg, der stark von klimatischen Gegebenheiten abhängt, wie etwa Untersuchungen an *Carex firma* und *C. curvula* zeigten (WAGNER & REICHEGGER 1997). Dennoch übernimmt die vegetative Vermehrung bei vielen Gebirgspflanzen in bedeutendem Maße die Sicherung des Artbestandes.
- F. Ein weiterer Aspekt der Ökophysiologie von Gebirgspflanzen ist die Erfassung der Resistenzdynamik auf Organismusebene unter Freilandbedingungen (NEUNER et al. 1999a). An verschiedenen Standorten werden parallel Kleinklima und diverse Resistenzgrößen (Temperaturresistenz, Zustandsgrößen des Wasserhaushalts, Photosyntheseparameter) erfaßt, um das kurz- und langfristige Adaptionspotential von verschiedenen Wuchsformen zu erkennen (NEUNER et al. 1999b). Diese sollten unterschiedliche ökologische Ansprüche aufweisen. So dienen reversible Blattbewegungen in der Rosette von *Saxifraga paniculata* dazu, auf den felsigen Standorten die inneren Bereiche der Pflanze bei starker Einstrahlung zu schattieren. Die Pflanze kann daher Klimaextreme besser überleben, da wichtige Bereiche vor Austrocknung und Überhitzung geschützt werden (NEUNER et al. 1999c). Ein kontrolliertes Eingreifen in das natürliche System durch gezielte Temperaturveränderungen am Standort sollen es erlauben, daß Temperatureffekte bei ansonsten natürlich verbleibenden Kleinklimabedingungen genauer verfolgt und besser verstanden werden können.

Die Vegetation oberhalb der alpinen Waldgrenze hat eine enorme, meist unterschätzte Bedeutung für Klima und Wasserhaushalt. Ihre Ausformung und Zusammensetzung bestimmt auch das Landschaftsbild für die Erwerbsquelle Tourismus und sichert durch Bodenverfestigung die tieferen Lagen vor Murenabgängen. Trotz dieser wichtigen Faktoren gibt es bislang nur wenige Ansätze zur Erforschung der Wirkungen von Umweltbelastungen auf die alpine Vegetation mit den Schwerpunkten CO_2 , Ozon und UV-B-Strahlung.

Somit ist es ein Ziel der Arbeiten, die mögliche Gefährdung der Hochgebirgsflora auf der Ebene der Streßphysiologie und -cytologie zu ermitteln. Die typische Tundra - ähnliche Hochgebirgsvegetation ist der einzige Vegetationstyp, der weltweit auf allen geographischen

Breiten, wenn auch in unterschiedlicher Seehöhe, zu finden ist. Sie ist somit bestens geeignet für ein globales Monitoring von Umwelteinflüssen.

Ein *anderes* Ziel der Arbeiten ist es, das Verständnis der interzellulären Anpassungs- und Abwehrreaktionen gegenüber organischen und Sauerstoffradikalen zu erleichtern und damit physiologische Reaktionen der ganzen Pflanze zu verstehen. Unsere bisherigen Arbeiten haben schon gezeigt, daß viele Hochgebirgspflanzen ausgesprochene Spezialisten bei der Ausbildung von Organell- und Membran-spezifischen Entgiftungssystemen sind und Antioxidantien in höheren Gehalten aufweisen als z.B. Agrarpflanzen. Hier finden wir vielleicht auch die Grundlage der oft beschriebenen erstaunlichen Resistenz vom photosynthetischen Gaswechsel, wie er unter z.T. harten klimatischen Bedingungen das Überleben der Pflanze sichert. Von besonderem Interesse ist unter dem Aspekt des standörtlichen Klimastresses die Stabilität pflanzlicher Gewebe bei Reproduktionsvorgängen oder bei der Samenentwicklung. Das "Labor Hochgebirge" liefert zelluläre und organismische Modellsysteme, wie sie in künstlichen Reaktoren oder Simulationen nicht zu erhalten sind. Solche Möglichkeiten zur Erforschung besonderer Anpassungen werden von uns intensiv genutzt.

Literatur

- BERGWELER, P. (1987): Charakterisierung von Bau und Funktion der Photosynthesemembran ausgewählter Pflanzen unter den Extrembedingungen des Hochgebirges. Dissertation Univ. Köln.
- BREDER-FRITZEN, P. (1996): Cytologische Veränderungen bei Hochgebirgspflanzen durch Umweltbelastungen. Diplomarbeit GSF München/FU Berlin.
- CALDWELL, M., ROBBERECHT, R. & NOWAK, R. (1982): Differential photosynthetic inhibition by UV radiation in species from the arctic-alpine life zone. *Arctic & Alpine Res.* 14: 195-202.
- CERNUSCA, A. (1989) (Hrsg.): Struktur und Funktion von Graslandökosystemen im Nationalpark Hohe Tauern. Österr. Akad. Wissenschaften, Innsbruck.
- KIRCHNER, M., KOHMANN, B., SCHÖDL, M., KAMMERLOHR, M. & WELZL, G. (1994): Erfassung der Immissionsbelastung im Alpenraum mit Passivsammlern. Schlußbericht des StMLU/Eg Projektes, StMLU-Materialien.
- KÖRNER, CH., DIEMER, M., SCHÄPPI, B. & ZIMMERMANN, L. (1996): Response of alpine vegetation to elevated CO₂. In: KOCH, G. & MOONEY, H. (Hrsg.), Carbon dioxide and terrestrial ecosystems, 177-196, Academic Press, New York.
- KÖRNER, CH. (1999). *Alpine plant life: Functional plant ecology of high mountain ecosystems*. Springer, Berlin.
- LARCHER, W. (1980): Klimastreß im Gebirge - Adaptionstraining und Selektionsfilter für Pflanzen. *Rhein. Westf. Akad. Wissenschaften* 291: 49-88.
- LARCHER, W. (1983): Ökophysiologische Konstitutionseigenschaften von Gebirgspflanzen. *Ber. Deutsch. Botan. Ges.* 96: 73-85.

- LARCHER, W., WAGNER, J. & LÜTZ, C. (1997): Effect of heat on photosynthesis, dark respiration and cellular ultrastructure of the arctic-alpine psychrophyte *Ranunculus glacialis*. *Photosynthetica* 34: 219-232.
- LÜTZ, C. & MOSER, W. (1977): Beiträge zur Cytologie hochalpiner Pflanzen. I. Untersuchungen zur Ultrastruktur von *Ranunculus glacialis* L. *Flora* 166: 21-34.
- LÜTZ, C. (1987): Cytology of high alpine plants II. Microbody activity in leaves of *Ranunculus glacialis*. *Cytologia* 52: 679-686.
- LÜTZ, C. (1996a): Avoidance of photoinhibition and examples of photodestruction in high alpine *Eriophorum*. *J. Plant Physiol.* 148: 120-128.
- LÜTZ, C. (1996b): Wie und wann schädigt Ozon Pflanzen? Forschungszentrum Karlsruhe - PEF-Bericht, Karlsruhe, FZKA-PEF 143: 25-32.
- MOSER, W. (1973): Licht, Temperatur und Photosynthese an der Station "Hoher Nebelkogel" (3184 m). In: ELLENBERG, H. (Hrsg.): *Ökosystemforschung*: Berlin: 203-223.
- NEUNER, G., AMBACH, D. & AICHNER, K. (1999a): Impact of snow cover on photoinhibition and winter desiccation in evergreen *Rhododendron ferrugineum* leaves during subalpine winter. *Tree Physiology* 19: 725-732.
- NEUNER, G., AMBACH, D. & BUCHNER, O. (1999b): Readiness to frost harden during the dehardening period measured in situ in leaves of *Rhododendron ferrugineum* L. at the alpine timberline. *Flora* 194: 289-296.
- NEUNER, G., BRAUN, V., BUCHNER, O. & TASCHLER, D. (1999c): Leaf rosette closure in the alpine rock species *Saxifraga paniculata* Mill.: significance for survival of drought and heat under high irradiation. *Plant Cell Environ.* 22, im Druck.
- OZENDA, P. & BOREL, J.L. (1991): Mögliche ökologische Auswirkungen von Klimaveränderungen in den Alpen. *Kleine Schriften, CIPRA, Vaduz*.
- SMIDT, S. (1993): Die Ozonsituation in alpinen Tälern Österreichs. *Centralbl. Ges. Forstwesen* 110: 205-220.
- SULLIVAN, J., TERAMURA, A. & ZISKA, L. (1992): Variation in UV-B sensitivity in plants from a 3000 m elevational gradient in Hawaii. *Amer. J. Botany* 79: 737-743.
- THRON, CH. (1996): Auswirkungen globaler Umweltveränderungen auf Photosynthese und Ultrastruktur von alpinen Hochgebirgspflanzen. *Dissertation, LMU München*.
- THRON, CH., HAHN, K. & LÜTZ, C. (1997): In situ effects of elevated CO₂ on chlorophyll fluorescence and chloroplast pigments of alpine plants. *Acta Oecologia* 18/3: 193-200.
- VOLZ, A. & KLEY, D. (1988): Evaluation of the Mountsouries series of ozone measurements made in the 19th century. *Nature* 332: 240-242.
- WAGNER, J. & TENGG, G. (1993): Phänoembryologie der Hochgebirgspflanzen *Saxifraga oppositifolia* und *Cerastium uniflorum*. *Flora* 18: 203-212.

- WAGNER, J. & REICHEGGER B. (1997): Phenology and seed development of the alpine sedges *Carex curvula* and *Carex firma* in response to contrasting topoclimates. Arctic & Alpine Res. 29: 291-299.
- WAGNER, J. & MITTERHOFER, E. (1998): Phenology, seed development, and reproductive success of an alpine population of *Gentianella germanica* in climatically varying years. Botan. Acta 111: 159-166.
- WALLNER, B. (1998): Gefährdung von Alpenpflanzen durch Ozon. Diplomarbeit, LMU München.
- WILDI, B. & LÜTZ, C. (1996): Antioxidant composition of selected high alpine plant species from different altitudes. Plant Cell Environment 19: 138-146.

Der Patscherkofel als Schigebiet

Christian Newesely

Institut für Botanik, Universität Innsbruck, Sternwartestrasse 15, A-6020 Innsbruck

Zusammenfassung

Der Patscherkofel wird seit dem 19. Jahrhundert als Ausflugs- und Schigebiet genutzt. Diese Nutzung als Schigebiet hat ökologische Auswirkungen. Die Pisten mußten gerodet und neu begrünt werden. Dadurch wurden die natürlichen Bodenprofile und die Vegetation zerstört. Durch die Schneepräparierung der Pisten wird die Schutzfunktion des Schnees im Winter vermindert. Die Folge davon sind oft sehr tiefe Bodentemperaturen. Durch die Verdichtung der Schneedecke kann es auch zu einer Eisbildung an der Bodenoberfläche kommen. Diese führt zu einer Verminderung der Gaspermeabilität des Schnees. Daraus resultiert unter gewissen Bedingungen ein Sauerstoffdefizit unter der Schneedecke. Dieses Sauerstoffdefizit wiederum führt zu einem Rückgang der Frostresistenz der Pflanzen. In Zusammenwirkung den tiefen Temperaturen kann dies zu einem Absterben besonders empfindlicher Arten im Pistenbereich führen.

Stichwörter: Schipisten, Patscherkofel, Schnee, Kunstschnee, Bodentemperatur, Sauerstoff, Frostresistenz

1. Einleitung

Der Patscherkofel gilt als der "Hausberg" der Innsbrucker. Schon im Jahre 1888 wurde ein Schutzhaus, benannt nach Kaiser Franz Josef, errichtet. Als Restaurant wird dieses Haus heute noch genutzt. Zwei Jahre nach der Eröffnung des Schutzhauses wurde erstmals der Plan für eine Erschließung des Berges durch eine Zahnradbahn bekannt. Es dauerte aber bis 1928, um den Berg mit einer Seilbahn zu erschließen. Gleichzeitig mit dem Bau der Bahn wurde auch das Berghotel eröffnet. Direkt am Gipfel wurde im selben Jahr ein kleiner Kiosk errichtet. Dieser wurde in den folgenden Jahren dann zur Gipfelhütte ausgebaut. Ein Sessellift verbindet heute die Bergstation der Seilbahn mit dem Gipfel. Die verschiedenen Bauten ermöglichten in weiterer Folge die touristische Nutzung. Obwohl der Patscherkofel schon vor Errichtung der Seilbahn ein beliebtes Schigebiet war, ermöglichte die bequeme Erreichbarkeit eine verstärkte Nutzung durch Schifahrer. Anfang der 30er Jahre wurde dann die Schischule am Patscherkofel begründet. Um dem steigenden Bedarf gerecht zu werden, wurden die Schipisten immer weiter ausgebaut und zusätzliche Lifтанlagen in Betrieb genommen. Unter dem Titel "Eine Piste der Jugend der Welt" wurde 1952 eine internationale Abfahrtsstrecke eröffnet. Durch die Austragung der Herrenabfahrt bei den Olympischen Winterspielen 1964 und 1976 wurde der Patscherkofel weltbekannt. Ein Grundproblem des Schibetriebs am Patscherkofel ist die geringe Schneesicherheit. Ende der 70er Jahre wurde erstmals die Errichtung einer Beschneiungsanlage gefordert. Diese ist dann 1997 verwirklicht worden.

2. Ökologische Auswirkungen der Präparierung der Schipisten

Die Errichtung einer Schipiste stellt in jedem Fall einen Eingriff in das Ökosystem dar. Während der Errichtung der Schipisten mußte der Wald gerodet werden. Die Wurzelstöcke wurden entfernt, die Piste planiert und mit einer Standardrasenmischung begrünt. Als Folge dieser Arbeiten sind die Böden im Bereich der Schipiste sehr flachgründige "Pistenkolluvien". Da es durch die Errichtung der Piste z.T. auch zum Austreten von Hangwässern gekommen ist, sind einige Bereiche der Piste vernäßt. Die Schipiste wird im Sommer als Rinderweide genutzt, was besonders auf steilen Hängen zu einer starken Belastung durch Viehtritt führt. Für das Ökosystem Schipiste ist hauptsächlich die Präparierung der Pisten im Winter von Bedeutung. Im Rahmen eines umfangreichen Forschungsprojektes (1986-1992) zur Untersuchung der ökologischen Auswirkung der Präparierung von Schipisten, wurden auch im Schigebiet Patscherkofel umfassende Untersuchungen durchgeführt. Die folgenden Erklärungen stützen sich auf diese Untersuchungen (NEWSELY 2000, NEWSELY 1997, NEWSELY et. al. 1994, CERNUSCA et. al. 1990).

2.1 Aufbau der Schneedecke

Die natürliche Schneedecke stellt im Gebirge einen Schutz von Boden und Vegetation gegenüber extremen Witterungssituationen dar. Sie weist normalerweise zwischen 60 und 80% luftgefüllte Hohlräume auf und ist locker aufgebaut. Im Gegensatz dazu ist der präparierte Schnee auf Schipisten häufig stark verdichtet und z.T. auch vereist. Abb. 1 zeigt den Verlauf der Dichte des Schnees im Schigebiet Patscherkofel über den Winter 1989/90. Deutlich erkennt man den Unterschied zwischen der unbeeinflussten Schneedecke auf der Referenzfläche und der Schneedecke auf den untersuchten präparierten Pisten. Der Grad der Verdichtung des Schnees steht dabei in unmittelbarem Zusammenhang mit der Feuchtigkeit des Schnees während der Präparierung. Die Ursache liegt in der schmierenden Wirkung des Wassers, wodurch die Reibung zwischen den einzelnen Eiskristallen sehr stark herabgesetzt wird. Besonders stark verdichtet wird daher Schnee, der während Perioden mit warmem Wetter präpariert wird. Derartige Wärmeperioden treten speziell am Patscherkofel, als Folge des stark vom Föhn beeinflussten Klimas, mehrmals im Winter auf. Durch das Präparieren stark durchfeuchteter Schneedecken wird das in der Schneedecke vorhandene freie Wasser in die Schneesichten an der Bodenoberfläche gepreßt. Da der Boden unter den Schipisten zumeist gefroren ist, kann das Wasser dort aber nicht versickern. Es kommt zum Frieren des Wassers in dieser bodennahen Schneesicht, so daß der Schnee dort stark vereist. Teilweise konnten auch massive Eisschichten nachgewiesen werden (NEWSELY 1997).

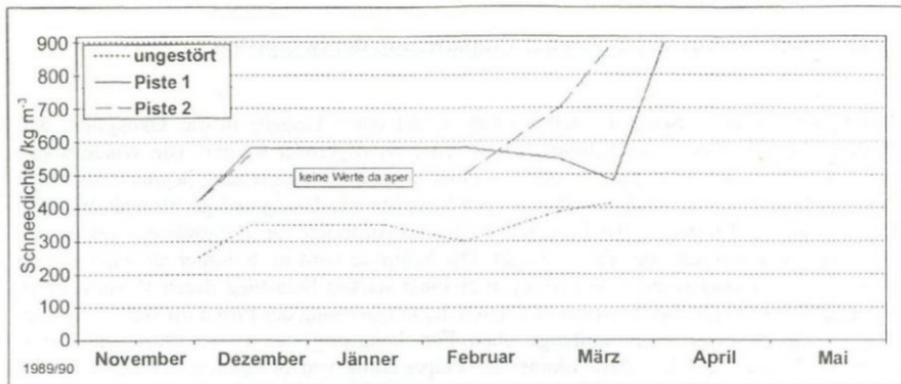


Abb. 1 Zeitlicher Verlauf der Schneedichte auf den Untersuchungsflächen im Schigebiet Patscherkofel bei Innsbruck (1989/90).

2.1.1. Einfluß der künstlichen Beschneigung

So wie in vielen anderen Schigebieten, werden die Pisten am Patscherkofel seit 1998 auch künstlich beschneit. Aus Untersuchungen, die in einer Reihe von Schigebieten durchgeführt wurden (NEWSELY 1997), ist der Einfluß des Kunstsneees auf den Aufbau der Schneedecke sehr gut dokumentiert. Durch die Beschneigung wird die Menge an Schnee oft erheblich vergrößert. Dadurch ist gewährleistet, daß auf den Schipisten genügend Schnee vorhanden ist, so daß das Entstehen von aperen Flecken weitgehend vermieden werden kann. Dies ist nicht nur für den Betreiber und den Schifahrer positiv. Auch aus der Sicht der Ökologie ist dies zu begrüßen, da die Gefahr von mechanischen Schäden an Vegetation und Boden doch erheblich reduziert wird. Ein Problem der künstlichen Beschneigung stellt jedoch das verstärkte Auftreten von Vereisungen in der Schneedecke dar. Da das Wasser, aus dem der Kunstsnee erzeugt wird, in der Zeit zwischen dem Austreten aus den Düsen der Schneekanonen bis zum Auftreffen auf dem Boden zumeist nicht vollständig gefriert, entsteht durch die Beschneigung eine oftmals noch sehr feuchte Schneedecke. Das Präparieren dieses Schnees führt dann wiederum zum Auspressen des Wassers nach unten und zur verstärkten Ausbildung von Vereisungen in der Schneedecke.

Durch die größere Schneemenge wird das Abschmelzen des Schnees im Frühjahr oftmals um mehr als eine Woche verzögert. Diese zeitliche Verzögerung führt auch zu einem späteren Austreiben der Pflanzen. Da Schipisten im Sommer häufig als Weide oder auch als Mähwiesen genutzt werden, ergibt sich aus dem verspäteten Beginn der Vegetationsperiode ein Produktionsverlust (VON WYL 1982). Der verzögerte Beginn der Vegetationsperiode kann aber auch dazu führen, daß einzelne Arten vor der Mahd (oder der Beweidung) nicht mehr bis zur vollen Samenreife gelangen, und daher die Reproduktion im Pistenbereich nicht mehr im ausreichenden Umfang gewährleistet ist. Wie Untersuchungen von KAMMER & HEGG (1990) in der Schweiz bestätigen, kann dies zum Rückgang einzelner Pflanzenarten im Pistenbereich führen.

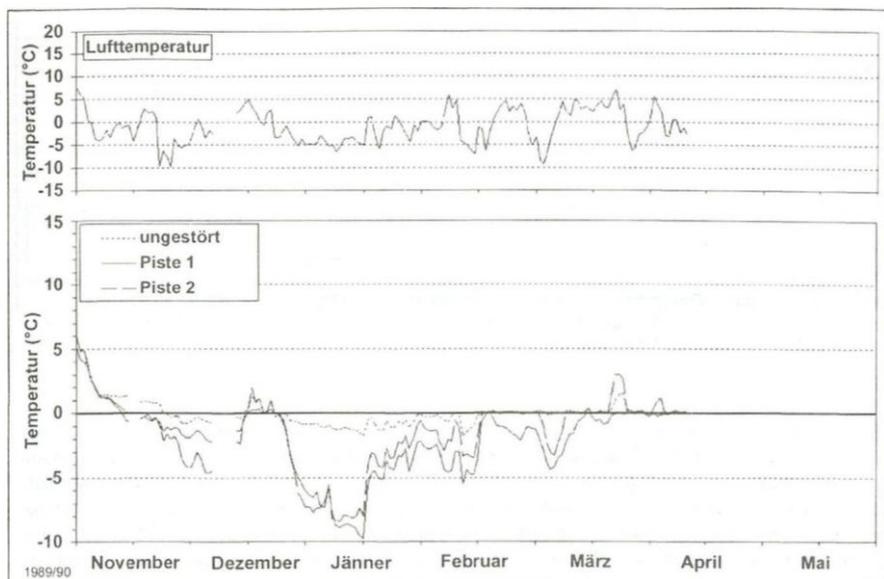


Abb. 2 Verlauf der Tagesmittelwerte der Boden- und Lufttemperatur im Meßgebiet Patscherkofel

2.2. Bodentemperaturen

Durch das Verdichten der Schneedecke bei der Präparierung wird der Anteil der luftgefüllten Hohlräume (Porenvolumen) in der Schneedecke auf Werte unter 40% verringert. Dies wirkt sich unmittelbar auf die Wärmeisolationseigenschaft der Schneedecke aus. Als Folge davon können sehr niedrige Bodentemperaturen und teilweise auch sehr große Temperaturschwankungen während des Winters auftreten. Abb. 2 zeigt den Verlauf der Temperatur an der Bodenoberfläche im Winter 1990/91 auf den untersuchten Pisten und an einer ungestörten Fläche am Patscherkofel. Selbst in 40 cm Bodentiefe wurden im Pistenbereich noch Temperaturen von unter -7°C gemessen.

2.3. Sauerstoffkonzentration unter der Schneedecke

Die Verdichtung der Schneedecke, vor allem aber die massive Vereisung an der Bodenoberfläche führen zu einer verringerten Luftdurchlässigkeit der Schneedecke. Unter besonders ungünstigen Bedingungen kann das zu einer vollständigen Luftundurchlässigkeit der Schneedecke führen. Dies wirkt sich dann am stärksten aus, wenn die Bodentemperaturen nahe dem Gefrierpunkt liegen, und die Organismen unter der Piste durch ihre Stoffwechselaktivität Sauerstoff verbrauchen. Aufgrund der Dichtheit der Schneedecke kann der verbrauchte Sauerstoff nicht mehr nachgeliefert werden. Dadurch kommt es zu anaeroben Bedingungen. Abb. 3 zeigt als Beispiel dafür den Verlauf der Sauerstoffkonzentration unter zwei Pistenflächen mit und ohne Vereisung, sowie auf einer ungestörten Fläche außerhalb der Piste im Winter 1990/91 am Patscherkofel.

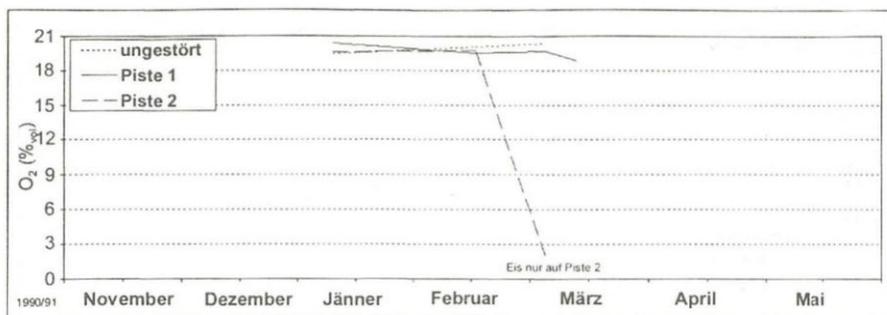


Abb. 3 Verlauf der Sauerstoffkonzentration im Boden unter der Schneedecke.

Die Besonderheit in diesem Winter war, daß sich nur auf einer der beiden Pistenflächen eine massive Vereisung an der Bodenoberfläche ausgebildet hatte. Auf dieser Fläche sank die Sauerstoffkonzentration im März auf unter 2 %_{vol}. Wie schon LARCHER (1985) beschrieben hat, können derart niedrige Sauerstoffkonzentrationen zu einer Herabsetzung der Frostresistenz der Pflanzen führen. Durch detaillierte Untersuchungen wurde erhoben, ob der Sauerstoffmangel auf diesen Pisten zu einem Rückgang der Frostresistenz und damit zu Schäden an der Vegetation führt.

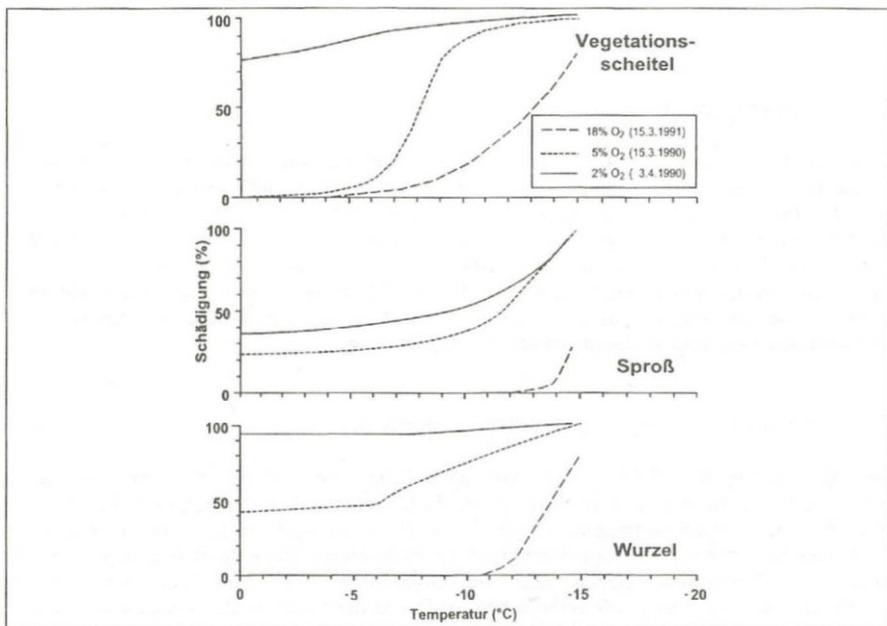


Abb. 4 Verlauf der Frostschädigung von *Trifolium repens* unter Sauerstoffmangel in Abhängigkeit von der Temperatur. Die Pflanzen wurden der Schipiste am Patscherkofel entnommen. Der mit dem Pfeil markierte Schädigungsgrad wurde an Pflanzenproben festgestellt, die am 3. April 1990 bei einer Sauerstoffkonzentration von nur 2 %_{vol} aus der Piste entnommen wurden.

Dazu wurden über 1000 Pflanzen in Töpfe verpflanzt und auf einer Fläche mitten auf der Schipiste ausgebracht (NEWESLY et al. 1994). Für die Untersuchungen wurden *Trifolium repens*, *Potentilla aurea* und *Phleum pratense* ausgewählt, da diese Arten auf der Piste relativ häufig vertreten waren. Zu mehreren Zeitpunkten im Verlauf des Winters wurden jeweils etwa 300 Töpfe der genannten Arten zur Analyse ins Labor nach Innsbruck gebracht und dort von Dr. M. BODNER mit Hilfe der TTC - Methode auf ihre Schädigung untersucht. Diese Untersuchungen zeigten bei *Trifolium repens* einen besonders hohen Schädigungsgrad. Abb. 4 zeigt die Frostempfindlichkeit unterschiedlicher Organe von *Trifolium repens*. Mit Abnahme der Sauerstoffversorgung nahm die Frostresistenz bei allen untersuchten Organen zu. Bei den Temperaturen, die im Bereich der Pisten gemessen wurden, war somit eine erhebliche Schädigung aller Organe von *Trifolium repens* zu erwarten. Dies bestätigte sich dann auch im Frühjahr. Eine phänologische Aufnahme zeigte, daß *Trifolium repens* im Pistenbereich fast vollständig ausgefallen war.

Literatur

- CERNUSCA, A., ANGERER, H., NEWESLY, CH. & TAPPEINER, U. (1990): Ökologische Auswirkungen von Kunstschnee - Eine Kausalanalyse der Belastungsfaktoren. Verh. Ges. Ökologie, Göttingen 1990: 746-757.
- KAMMER, P. & HEGG, O. (1990): Auswirkungen von Kunstschnee auf subalpine Rasenvegetation. Verh. Ges. Ökologie, Göttingen 1990: 758-767.
- LARCHER, W. (1985): Kälte und Frost. In: SORAUER, R. (Begr.): Handbuch der Pflanzenkrankheiten. 7. Aufl. 1 (Lfg. 5.). Parey, Berlin 1985: 107-326.
- NEWESLY, CH., CERNUSCA, A. & BODNER, M. (1994): Entstehung und Auswirkung von Sauerstoffmangel im Bereich unterschiedlich präparierter Schipisten. Verh. Ges. Ökologie 23: 277-282.
- NEWESLY, CH. (1997): Auswirkungen der künstlichen Beschneieung von Schipisten auf Aufbau, Struktur und Gasdurchlässigkeit der Schneedecke, sowie auf den Verlauf der Bodentemperatur und das Auftreten von Bodenfrost. Dissertation, Univ. Innsbruck.
- NEWESLY, CH. & CERNUSCA, A. (2000): Auswirkungen der künstlichen Beschneieung von Schipisten auf die Umwelt. Laufener Seminarbeiträge, Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL) 2000: 29 - 38.
- VON WYL, A. (1982): Influence des pistes de ski sur la couche végétale et la production d'herbe a l'étagé montagnard du pays d'enhaut. Fachbeitrag. Schweiz. MaB-Information 10: 12S.

Eine Einführung in die Exkursionsgebiete

Georg Gärtner

Institut für Botanik, Universität Innsbruck, Sternwartestrasse 15, A-6020 Innsbruck

1. Einleitung

In Tirol wird das Wesen der Landschaft wie kaum anderswo vom Gebirge bestimmt. Der geographisch-kulturhistorische Raum zwischen Inn, Etsch und Eisack liegt an der breitesten Stelle der Alpen (zwischen Nord- und Südrand liegen 250 km) und war, von seiner naturräumlichen Geschlossenheit vorgegeben, seit dem Mittelalter das „Land im Gebirge“. Enge Zugänge von außen, aber leicht begehbare inneralpine Passübergänge über den Alpenhauptkamm (Brenner und Reschen) als Verbindungen zwischen Mitteleuropa und den Mittelmeerländern charakterisieren Tirol, das seit 1919 nunmehr das in Nord- und Osttirol gegliederte gleichnamige Bundesland mit 12.648 km² Landesfläche umfasst. Hauptsiedlungs- und -kulturlandschaft bildet die Inntalfurche zwischen den Nördlichen Kalkalpen und den südlich angrenzenden Zentralalpen, die über die Hälfte der Landesfläche einnehmen.

2. Geologie

Inntal und Brennerfurche trennen als geologisch-tektonische Grenzlinien drei große Einheiten: die Nördlichen Kalkalpen liegen nördlich des Inntales und bestehen aus mesozoischen Sedimentgesteinen (Wettersteinkalk und Hauptdolomit, mit schroffen steilen Wänden und Spitzen); südlich der Inntalfurche und östlich des Sill-bzw. Wipptales kommen metamorphe Gesteine vor, so die Schiefergesteine der Tuxer Alpen (Innsbrucker Quarzphyllit), Gesteine der Schieferhülle des Tauernfensters und jene der kristallinen Gneise der Zillertaler Alpen; westlich der Brennerlinie liegt das ausgedehnte Altkristallin der Ötztalmasse mit Graniten, Amphiboliten und Gneisen. Nur in einem kleinräumigen Bereich südwestlich von Innsbruck liegen diesem Altkristallin mesozoische Sedimente (Brennermesozoikum) auf und formen markante triadische Kalk- und Dolomitstöcke (Kalkkögel, Serles, Tribulaune), die entfernt an die Südtiroler Dolomiten erinnern. Ausführliche Darstellung zur Geologie Tirols u.a. bei KLEBELSBERG (1935) und BRANDNER (1985) (siehe Abb. 2). Die beiden markanten tektonischen Linien der Inntal- und Brennerfurche, an deren Kreuzungspunkt Innsbruck liegt, stellen auch Erdbebenlinien dar. So sind schwache Beben nicht selten, während Starkbeben (mit Stärken 7-8 der 12-teiligen Mercalli-Skala) z.B. in den Jahren 1571, 1572 und 1671 ausführlich dokumentiert sind (DALLA TORRE 1913).

Die wesentliche Reliefgestaltung der Landschaft Tirols erfolgte in den Phasen der tertiären Gebirgsbildung, der eiszeitlichen Vergletscherung und schließlich in der spätglazialen Formung (LEIDLMAIR 1975, BRANDNER & PURTSCHELLER 1994).

Im mittleren Inntal prägen die sogenannten Mittelgebirgsterrassen eindrucksvoll die Landschaft. Diese meist pliozänen Talböden sind von bis zu 300 m mächtigen glazialen Lockersedimenten (Sanden, Tonen, Schottern) bedeckt. Siedlungen und Landwirtschaft haben sich auf diesen Terrassen früh entwickelt, wie zahlreiche Funde (Urnengräber) bronzezeitlicher Kulturen aus der Zeit zwischen 1.200 bis 800 v. Chr. in vielen Mittelgebirgsgemeinden z.B. südöstlich von Innsbruck beweisen. So waren einerseits die

hochwasserfreien, sonnigen Terrassen und Schuttkegel der großen Tallandschaften vorgeschichtlicher Siedlungsraum, während die inneralpinen Tallandschaften nur in den hochgelegenen waldfreien Talschlüssen bereits prähistorischer Weidennutzung dienten (vergl. Kap. „Eismann“ von K. OEGGL in diesem Exkursionsführer)

Die eiszeitliche Vergletscherung mit ihren gewaltigen Eisströmen hat Hoch- und Mittelgebirgslandschaften entscheidend umgestaltet. Die Eisoberfläche lag am Reschenpass bei 2500 m NN, am Brenner bei ca. 2300 m NN und reichte an der Innsbrucker Nordkette bis etwa 2200 m NN empor (LEIDLMAIR 1975). Eiszeitliche Formung ist in vielen Karen sichtbar, ebenso in inneralpinen Trogtalbildungen und Rundhöckern (Zillertal, Ötztal!). Eiszeitliche Moränenschotter und interglaziale bzw. interstadiale Ablagerungen (Schotter, Sande, Bändertone) sowie glazialerosive Formen beim Rückzug des Eises (Toteislöcher, Eisrandbildungen) sind im Großraum Innsbruck vielerorts nachzuweisen oder aufgeschlossen (z.B. Bänderton von Baumkirchen). Eine geologische Besonderheit Innsbrucks bildet die interglaziale „Höttinger Breccie“, eine Murablagerung aus verkittetem Gehängeschutt am Nordkettenhang mit Pflanzeneinschlüssen wärmeliebender Arten, u.a. von *Rhododendron ponticum*. Im Spät- bzw. Postglazial ereigneten sich nach dem raschen Eisrückzug zahlreiche Bergstürze (Fernpassbergsturz, Bergsturz von Köfels im Ötztal, Tschirgant Bergsturz) und bildeten Murschutt- und Schwemmkegel, die viele alpine Tallandschaften (vor allem südlich des Alpenhauptkammes) prägen. Auch die allmähliche Ablagerung gewaltiger Schutthalde unter den Wänden der Kalkalpen, wie im Karwendel, den Kalkkögeln und den Dolomiten, beginnt nach dem Rückzug des letzten Eises.

3. Klima

Entsprechend der geographischen Breite ist Tirol der mitteleuropäischen, gemäßigten Klimaprovinz zuzuordnen (FLIRI 1975). Relief, Exposition, sowie Lage und Breitenausdehnung des Alpenbogens im Tiroler Raum bedingen eine inneralpine Variante des mitteleuropäischen Klimas, die sich z.B. in Innsbruck durch geringere Niederschläge (940 mm/a) als am Alpennordrand (Bad Tölz 1560 mm/a) bemerkbar macht. Die meisten Niederschläge fallen im Juli. Neben der Abnahme der Niederschläge von Norden nach Süden ist eine ebensolche von Ost nach West ausgeprägt, die im Oberinntal und dem Vinschgau ausgedehnte Trockengebiete entstehen ließ.

Im Innsbrucker Raum und Wipptal stellt der Föhn eine klimatische Besonderheit dar. Diese warme Südströmung erhöht die mittlere Jahrestemperatur um 0,9° Celsius und tritt durchschnittlich 60 Tage pro Jahr (gehäuft im Frühling und Herbst) als kräftiger bis stürmischer Südwind auf. Plötzliche Temperaturerhöhungen (ein Jahrhundertmaximum am 23. 1. 1993: + 20° Celsius in Innsbruck!) und Windstärken bis zu 218 km/h (am Patscherkofelgipfel) wurden gemessen (GABL 1994). Wohl mit dem „Innsbrucker Föhndelta“ im Zusammenhang stehen die Vorkommen submediterraner Pflanzen wie *Hippocrepis (=Coronilla) emerus*, *Fraxinus ornus*, *Ostrya carpinifolia*, *Fumana procumbens* und *Colutea arborescens* an den Sonnenhängen um Innsbruck und westlich davon bei Zirl (PITSCHMANN et al. 1970).

4. Botanische Erforschungsgeschichte

Die floren- und vegetationskundliche Erforschung der Alpen beginnt in den Westalpen früher als in den Ostalpen, und ist eng mit erdwissenschaftlicher und gletscherkundlicher Forschungstätigkeit verzahnt. Auch die alpinistische Erschließung des Hochgebirges ging vor allem in den zentralen Ostalpen mit der wissenschaftlichen Hand in Hand. Für den Raum Tirol war die Gründung des „Landesmuseums Ferdinandeum“ 1823 ein wesentlicher Faktor zum Aufschwung der naturwissenschaftlichen Durchforschung des Landes im Gebirge.

Die erste geologisch-kartographische Aufnahme Tirols erschien 1852 (herausgegeben vom „Geognostisch-montanistischen Verein“), die erste Landesflora von Franz Freiherr von HAUSMANN (1851-54). Ab 1863 bestand an der Innsbrucker Universität eine eigene Lehrkanzel für Botanik. 1860 bis 1878 wirkte Anton KERNER als Botaniker an der Innsbrucker Universität, er reorganisierte den Botanischen Garten (u.a. Bau einer Alpenpflanzenanlage) und trug wesentlich zur floristischen Durchforschung des Landes bei, seine Arbeiten bildeten den Grundstock zur Landesflora von Tirol, Vorarlberg und Liechtenstein von K.W. v. DALLA TORRE und L. Graf v. SARNTHEIN (1900-1913). Eine neue Landesflora von Nordtirol, Osttirol und Vorarlberg von A. POLATSCHKE ist seit 1997 in Bearbeitung.

Die floren- und vegetationskundliche Erforschung der Ostalpen, die ebenfalls eng mit der gletscherkundlichen verflochten ist, wurde von GAMS (1970, 1972) zusammenfassend dargestellt, letzterer trug mit seinen Schülern H. PITSCHMANN, H. REISIGL und S. BORTENSCHLAGER wesentlich zur weiteren Klärung vegetations- und klimageschichtlicher Fragen vor allem in den Zentralalpen (u.a. der Öztaler Alpen) bei. Tirol besitzt darüberhinaus eine der modernsten Vegetationskarten eines geschlossenen Gebirgsraumes, so ist das gesamte Bundesland unter Einschluss von Teilen Vorarlbergs, Salzburgs, Kärntens und Bayerns im Maßstab 1:25.000 von der Forstlichen Bundesversuchsanstalt unter H. M. SCHIECHTL kartiert und liegt in 12 Blättern im Maßstab 1:100.000 gedruckt vor (erschieden zwischen 1970 und 1988 in den Documents de Cartographie Ecologique/Grenoble, siehe SCHIECHTL 1987).

5. Zur Exkursion Innsbrucker Nordkette-Seegrube-Hafelekar

Die Innsbrucker Nordkette vom Solstein im Westen bis zum Halltal im Osten ist die südlichste Kette des in Ost-West-Richtung rund 35 km langen Karwendelgebirges. Die höchste Erhebung liegt im westlichen Bereich (Kleiner Solstein 2637 m). Der Nordkette vorgelagert, liegt im Bereich Innsbruck eine breite Terrasse (Hungerburg!) - entsprechend den Mittelgebirgsterrassen südlich des Inntales - und wohl ein präglazialer Talboden, dessen Landschaftscharakter glazial und post-glazial seine heutige Form erhielt. Der charakteristische Gesteinsaufbau der Nordkette ist durch die Überlagerung mesozoischer Decken bedingt, an deren Grenze wasserstauende Schichten von Buntsandstein einen ausgeprägten Quellhorizont bilden (siehe Abb. 1).

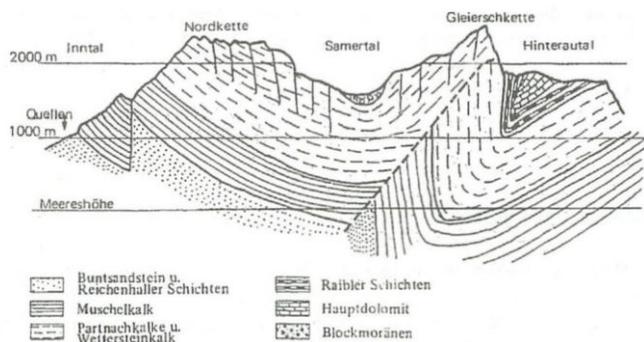


Abb. 1 Geologischer Schnitt durch die Nordkette nach Ampferer (1949) (aus HEUBERGER 1975).

Quellaustritte konzentrieren sich vor allem auf den Höttinger und Mühlauer Graben. (Der Name Mühlau weist auf frühe gewerbliche Wasserkraftnutzung hin, u.a. bestanden dort um 1500 auch Erzgießereien, z.B. für die Statuen der „Schwarzen Mander“ um Kaiser Maximilians Grabmal in der Hofkirche). Seit 1581 wurde aus dem Mühlauer Graben das Trinkwasser Innsbrucks bezogen, neue Wasserstollen (1953) in mittleren Höhen von ca. 1140 m NN angeschlagen und in einer Gesamtlänge von 1,6 km versorgen heute Innsbruck aus der Nordkette mit ausreichend Trinkwasser bester Qualität (HEIßEL 1991).

Innsbruck ist als die einzige europäische Landeshauptstadt von 13 Lawinen und 23 Wildbächen bedroht, allein 9 Lawinen könnten bewohntes Gebiet erreichen. Die größte davon, die Mühlauer Klammlawine, hat ein Abbruchgebiet von 2,6 km²! Anthropogene Schwächung der natürlichen Waldbestände, Verkehrs- und Siedlungerschließungen etc. führten zu bedeutenden Waldflächenverlusten und damit regelmäßig zu schweren Schadlawinen. Nach dem Abgang der Mühlauer-Klamm-Lawine von 1935 wurde die erste Lawinen-Bremsverbauung der Welt 1936 unterhalb der Arzler Alm errichtet (HEUBERGER 1975).

Die Terrasse der Hungerburg wird von der „Höttinger Breccie“ gebildet, die hier den Felsuntergrund ca. 80 m überlagert. Dieser alte, durch Kalksinter verfestigte Triasschutt, der ursprünglich den Nordkettenhang großflächig bedeckte, umfasst heute mehrere Vorkommen (ca. 251 ha nach PASCHINGER 1950). Vor allem die rote Hungerburgbreccie liefert seit dem 14. Jahrhundert Innsbrucks wichtigsten Baustein (Altstadt!). Dieser Murenschutt erlangte im Jahr 1855 bereits Weltberühmtheit durch Funde pflanzlicher Fossilien, die ursprünglich als

jungtertiär und erst 1913 (nach dem Vortrieb des „Lepsiusstollens“) als interglazial eingestuft wurden. Berühmtestes Fossil dieser wärmezeitlichen Flora ist *Rhododendron ponticum* (HEUBERGER 1975, mit weiterer Literatur dazu).

Der Hafelekargipfel (2334 m NN) liegt im ehemaligen Riffbereich des Wettersteinkalkes (obere Trias) und dürfte zur Hocheiszeit vom Inngletscher noch bedeckt gewesen sein. kristalline Erratika wurden in 2275 m NN ca. 1 km östlich der Hafelekarspitze von MUTSCHLECHNER (1950) entdeckt. Vom Hafelekargipfel blickt man nach Norden in die beiden mittleren Karwendelketten mit ihren ausgeprägten Karen, diese bizarre Gebirgslandschaft steht als „Alpenpark Karwendel“ seit 1989 unter gesetzlichem Schutz (wobei mehrere Naturschutz-, Ruhe- und Landschaftsschutzgebiete zu einem Komplex von 740 km² zwischen Seefelder Becken und Achensee, nördlich des Inntales, zusammengefasst sind). Talwärts gegen Süden geht der Blick zum glazialgeformten Patscherkofel und Glungezer und auf die ausgeprägten Inntalterrassen („Mittelgebirgsterrassen“) mit ihren Dörfern. Innsbruck selbst ist im Süden durch den Schwemmkegel der Sill (mit dem ältesten Siedlungskern Wilten) und andererseits von Norden her durch den Schwemmkegel des Höttinger Baches, gegenüber der Altstadt, gegliedert.

6. Zur Exkursion Patscherkofel

Der südliche Hausberg Innsbrucks stellt mit seiner glazialgeformten Rundkuppe (2246 m) einen markanten Gegensatz zu den schroffen Wänden der Nordkette dar. Aus Quarzphyllit und im Gipfelbereich aus Glimmerschiefern aufgebaut, überwiegen im größten Teil des Gebietes saure Bodenbildungen. Der im Norden vom Wipp- oder Silltal, im Süden vom Viggartal und im Norden vom Inntal begrenzte Berg, setzt sich nach Osten zu in den Gipfeln des Glungezers (2677 m) und des Rosenjochs (2796 m) fort. Beide Gipfel ragten als Nunatakker über die eiszeitliche Vergletscherung auf. Mächtige Blockfelder an den Nordhängen des Patscherkofels deuten auf eiszeitliche Verwitterung hin.

Durch bereits erwähnte Föhnstürme aus dem Wipptal apert die Süd- und Südwesthänge des Patscherkofels auch im Hochwinter oft weit hinauf aus. Von besonderer Schönheit sind die bedeutenden Zirbenbestände (ab 1500-1600 m NN) oberhalb der Zone des Piceetums, die seit 1942 als Naturschutzgebiet (seit 1994 als Landschaftsschutzgebiet mit einer Fläche von 8 km²) ausgewiesen sind. Detaillierte floristische Beschreibungen vom Patscherkofel finden sich bei DALLA TORRE (1913) und GAMS (1937). Über die Mittelgebirgslandschaften und ihre eiszeitliche Formung am Nordfuß des Patscherkofels mit Toteislöchern, Mooren (Lanser See, Viller Moor), Drumlines, Eisrandtälern (Ampass) und Rundbuckeln (Lanser Köpfe) geben die Publikationen von FEURSTEIN (1934), SCHMEISS-KUBAT (1975) und BORTENSCHLAGER (1984) Auskunft.

Westlich der Bergstation der Patscherkofel-Seilbahn liegt in 1920 m NN der Alpengarten der Universität Innsbruck (eröffnet 1935) mit natürlichen Zwergstrauch- und Zirbenbeständen sowie einem 1990 eröffneten neuen Forschungslaboratorium der Universität unter der Obhut des Botanischen Institutes. Forschungen durch Botaniker der Universität als auch der Bundesforstlichen Versuchsanstalt (Außenstelle für subalpine Waldforschung) haben den Patscherkofel seit den Dreißigerjahren des vorigen Jahrhunderts zu einer klassischen Stätte der Ökophysiologie und experimentellen Ökologie an der Waldgrenze werden lassen (Literatur dazu u.a. bei LARCHER 1977 und TRANQUILLINI 1979).

7. Zur Exkursion Ötztal - Obergurgl

Das Ötztal ist nach dem Zillertal der zweitgrößte Zubringer des Inntales, sein Naturraum wird durch das Einzugsgebiet der Ötztaler Ache von 893 km² und einer Höhererstreckung zwischen 700 m und 3700 m NN charakterisiert. Von diesem Einzugsgebiet sind 512 km² (ca. 57%) vegetationsbedeckt (LEICHTER 1997), die vergletscherte Fläche mißt ca. 130 km² (PATZELT 1996). Aus Untersuchungen zur Gletscher- und Vegetationsgeschichte (Lit. dazu in PATZELT 1996) geht hervor, daß die Gletscher vor rund 9500 Jahren auf neuzeitliche Ausdehnung abgeschmolzen waren und der Wald die gegenwärtige potentielle Höhengrenze ca. um 9000 v. heute erreicht hatte. Die höchste durch Erratika belegte Eisstromhöhe während der Hocheiszeit betrug an der Ötzalmündung ca. 2500 m NN, bei Gurgl und Vent dürften es ca. 2900 m NN gewesen sein.

Charakteristisch für das Landschaftsbild des Ötztales und von wesentlicher Bedeutung für die Entwicklung zur heutigen Kulturlandschaft ist die stufenartige Gliederung des Tales in Talweitungen und Riegel. Im äußeren und mittleren Ötztal haben Bergsturmassen die Talsohle immer wieder verlegt, dahinter füllte die Ötztaler Ache flache Schwemmebenen (Kultur- und Siedlungsland!) auf. Bereits die Ötzalmündung ist durch Dolomitmassen des Tschirgant-Bergsturzes (1050 v. Chr., siehe PATZELT & POSCHER 1993) aufgefüllt, der Bergsturz von Köfels (8700 v. heute, ERISMANN 1977, HEUBERGER 1994), der mit 2-3 km³ der mächtigste Bergsturz im Kristallin der Alpen, liegt vor dem Talbecken von Längenfeld, der grössten Ebene im Ötztal mit 7,5 km². Das Ötztal ist mit seinen Seitentälern in altkristalline Gesteine eingeschnitten, (Schiefer, Schiefergneise, Granitgneise), nur im Gurgler Kamm sind großteils Gesteine des Schneeberger Zuges (Glimmerschiefer, Amphibolite, Kalkglimmerschiefer und schmale Marmorzüge, z.B. am Kirchenkogel oberhalb der Hohen Mut) vorherrschend.

Klimatisch gehört das Ötztal dem trockenen inneralpinen Klimatyp an, das Tal ist durch den Querriegel des Tschirgant-Stockes abgeschirmt (mittlere Jahresniederschlagssummen: Obergurgl 807 mm, Vent 699 mm, Längenfeld 712 mm). Die trockenste Jahreszeit ist im Ötztal der Winter, gefolgt vom Frühjahr. Ehemalige Flur- und Wiesenbewässerung war in der Landwirtschaft üblich, ist aber heute verschwunden.

Besiedlungs- und kulturgeschichtlich sind erste Rodungen im Talboden (Längenfelder Becken) im 10. Jhd. n. Chr. nachweisbar (PATZELT 1996), in den Hochlagen im Innerötztal dagegen ist Brandrodung und Weidenutzung bereits um 4500 v. Chr. durch Hirten und Jäger, die von Süden her über den Alpenhauptkamm zogen, erfolgt (VORREN 1993). Obergurgl ist mit 1910 m NN das höchste Kirchdorf, die Rofenhöfe (2014 m NN) oberhalb von Vent die höchste bäuerliche Dauersiedlung Österreichs. Weitere Daten zur Siedlungsgeschichte u.a. bei FINSTERWALDER (1949), STOLZ (1963), HEUBERGER (1975), BORTENSCHLAGER (1984), OEGGL (1994). Die Erforschung der Floren- und Vegetationsgeschichte des Ötztales und des Raumes Obergurgl ist bei GAMS (1970) dokumentiert, sie ist in den Anfängen sehr eng mit der Gletscherforschung verknüpft. Zahlreiche Veröffentlichungen zur Flora und Vegetation sowie zur Ökologie von Hochgebirgssippen (u.a. im Rahmen des Internationalen Biologischen Programmes beziehungsweise im Rahmen von Hochlagenaufforstungen durch die Forstliche Bundesversuchsanstalt Mariabrunn) liegen bis heute aus dem Gebiet um Obergurgl und dem Innerötztal vor, darunter auch eine Vegetationskarte im Maßstab 1:37.500 des ganzen Gurgeltales (ab Zwieselstein) von SCHIECHTL (1961). Nicht zuletzt trug die wissenschaftliche Einrichtung des Universitätsinstitutes für Hochgebirgsforschung dazu bei, das Ötztal zu einem der besterforschten Talräume der Ostalpen zu machen. Auch erste Ergebnisse der kryptogamenfloristischen Durchforschung sind vorhanden (Lit. dazu bei HOFMANN et al. 1988).

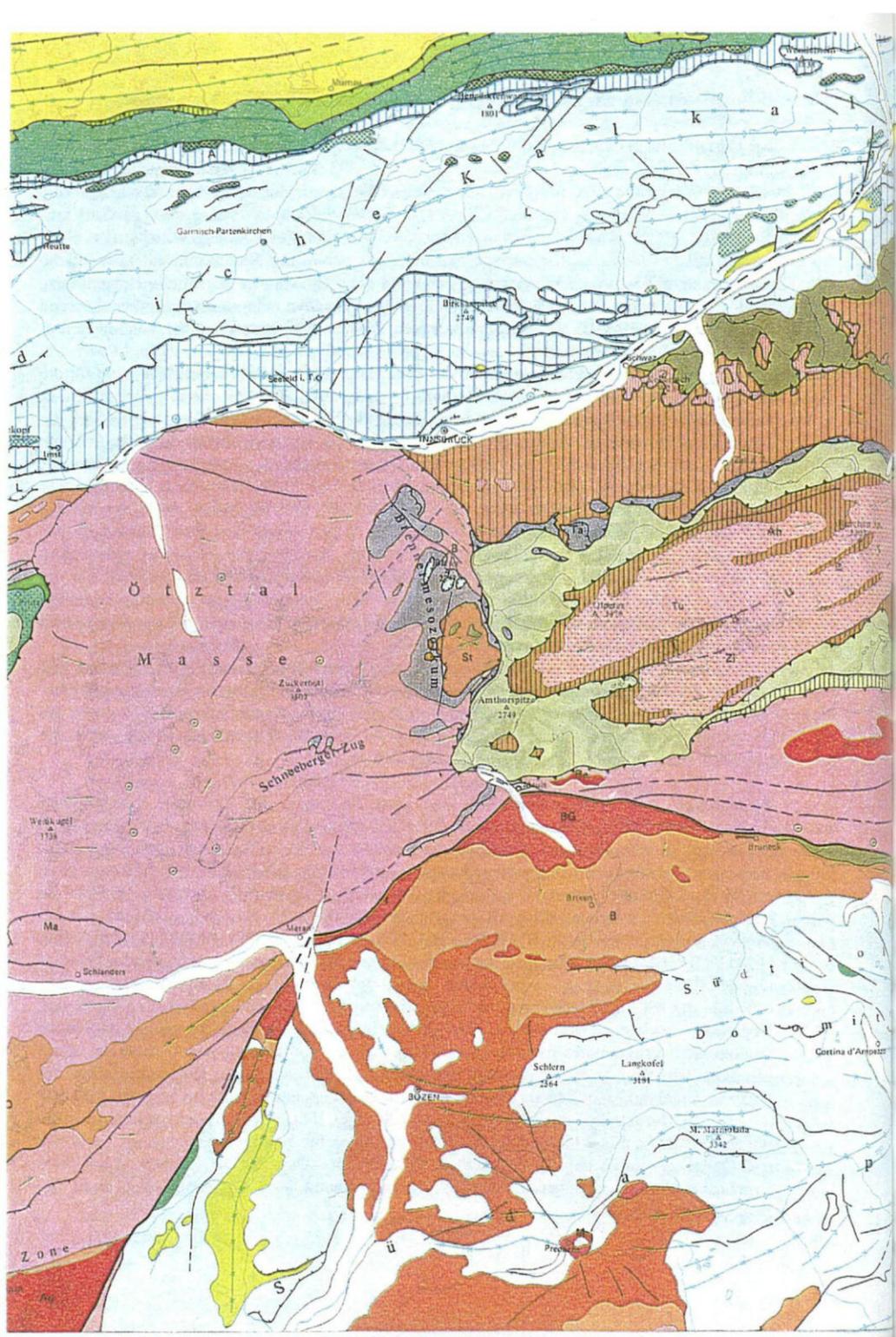




Abb. 2: Geologische und tektonische Übersichtskarte von Tirol. (aus BRANDNER 1980, 1985)

Literatur

- BORTENSCHLAGER, S. (1984): Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols. I. Inneres Ötztal und unteres Inntal. Ber. naturwiss.-med. Ver. Innsbruck 71: 19-56.
- BRANDNER, R. (1985): Geologie und Tektonik. Geologische und tektonische Übersichtskarte von Tirol. Tirol Atlas, IX, Wagner (1980), mit Begleittext in Tiroler Heimat, Jb. Geschichte und Volkskunde 48/49 (1985): 1-12.
- BRANDNER, R. & PURTSCHELLER, F. (1994): Geologie rund um Innsbruck. In: GABL, K. & NAIRZ, W. (Hrsg.): Innsbruck alpin, Tyrolia-Athesia, Innsbruck: 167-171.
- DALLA TORRE, K. W. v. (1913): Junk's Naturführer Tirol. Junk Berlin.
- DALLA TORRE, K. W. v. (1913): Der Patscherkofel bei Innsbruck. Ber. d. Ver. z. Schutze d. Alpenpflanzen: 1-13.
- ERISMANN, T. H. (1977): Der Bimsstein von Köfels, Impaktit oder Friktionit? Material und Technik, 5: 190-196.
- FEURSTEIN, P. (1934): Geschichte des Viller Moors und des Seerosenweihers an den Lanser Köpfen bei Innsbruck. Beih. Bot. Centralbl. 51.
- FINSTERWALDER, K. (1949): Zur Namen- und Siedlungsgeschichte des inneren Ötztals. Jb. Österr. Alpenver. 74: 37-43.
- FLIRI, F. (1975): Das Klima der Alpen im Raume von Tirol. Univ. Verlag Wagner, Innsbruck.
- GABL, K. (1994): Das Innsbrucker Klima, beherrscht vom Föhn. In: GABL, K. & NAIRZ, W. (Hrsg.): Innsbruck alpin, Tyrolia-Athesia, Innsbruck: 158-166.
- GAMS, H. (1937): Der Patscherkofel, seine Naturschutzgebiete und sein Alpengarten. Jb. Ver. z. Schutze d. Alpenpfl. u. -tiere 9: 7-21.
- GAMS, H. (1970): Die Erforschung der Floren- und Vegetationsgeschichte der Ötztaler Alpen. Mittl. Ostalp.-din. Ges. f. Vegetkde. 11: 55-62.
- GAMS, H. (1972): Die floren- und vegetationsgeschichtliche Erforschung der Alpen. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 85: 7-10.
- HEIBEL, G. (1991): Die Abhängigkeit der hydrogeologischen von den geologisch-tektonischen Verhältnissen des Karwendelgebirges, aufgezeigt am Beispiel der Mühlauer Quellen. Veröff. Tir. Landesmuseum Ferdinandeum 71: 17-81.
- HEUBERGER, H. (1975): Das Ötztal. In: FLIRI, F. & LEIDLMAIR, A. (Hrsg.): Tirol, ein geographischer Exkursionsführer. Innsbrucker Geogr. Studien 2: 213-249.
- HEUBERGER, H. (1994): The giant landslide of Köfels, Ötztal, Tyrol. Mountain research and development 14: 290-294.
- HOFMANN, P., TÜRK, R. & GÄRTNER, G. (1988): Beitrag zur Flechtenflora Tirols: Obergurgl (Ötztaler Alpen, Nordtirol). Ber. nat.-med. Verein Innsbruck 75: 7-19.

Die subalpine und alpine Vegetation der Innsbrucker Nordkette

Exkursion Innsbrucker Nordkette: Seegrube, Mandlspitze, Hafelekarspitze

Sabine Grabner

Institut für Botanik, Universität Innsbruck, Sternwartestr.15, A-6020 Innsbruck

Zusammenfassung

Die subalpine und alpine Stufe der Innsbrucker Nordkette ist auf der Südabdachung geprägt durch artenreiche Rasen des *Seslerio-Caricetum sempervirentis*. Mehrere Ausbildungen vom Pionierrasen bis zum nährstoffreichen, beweideten Blaugras-Horstseggenrasen sind im Gebiet anzutreffen. An den südexponierten Gipfelaufschwüngen und Gratlagen treten Übergangsformen zum *Caricetum firmae* auf. An südexponierten, windexponierten Felsvorsprüngen gesellt sich *Carex mucronata* sowohl zum *Seslerio-Caricetum sempervirentis* als auch zum *Caricetum firmae*. Das *Caricetum firmae* hat seinen Verbreitungsschwerpunkt auf der Nordabdachung. In den Gipfelbereichen kann eine Ausbildung mit *Kobresia myosuroides* erkannt werden, in weniger exponierten Beständen über verbrauchter *Rendzina* tritt *Loiseleuria procumbens* auf. Prägendes Element der Nordkette sind die Schutthalden, die auf der Südabdachung hauptsächlich von einem *Athamanto - Trisetum distichophylli* des *Petasition paradoxii* besiedelt werden, auf der Nordseite von einem *Thlaspietum rotundifolii*. In den Karböden und Dolinen der Nordabdachung sind Schneebodengesellschaften des *Arabidion caeruleae* ausgebildet. Der Einfluß der Schafbeweidung in der subalpinen und alpinen Stufe der Nordkette läßt sich am Vorkommen von Nährstoffzeigern in allen Gesellschaften erkennen.

1. Einleitung

Die Vegetation und Flora der Innsbrucker Nordkette fand begünstigt durch die unmittelbare Nähe zur Universität bald Beachtung von Botanikern. Tiroler Florenwerke, wie die Flora von Tirol (HAUSMANN 1851 - 54) und die Flora der gefürsteten Grafschaft Tirol (DALLA TORRE & SARNTHEIN 1901 - 12) berücksichtigen die Innsbrucker Nordkette gebührend. Floristische Beiträge, über die Nordkette sind von MURR (1923, 1927, 1929) bekannt. GRABHERR (1934) untersuchte den Einfluß von Großbränden auf die Vegetation der Nordkette. Durch den Bau der Seilbahn auf die Nordkette Ende der 20iger Jahre des vorigen Jahrhunderts wurde auch der Zugang zur ökophysiologischen Forschung in alpinen Regionen erleichtert. PISEK und CARTELLIERI (1931, 1933) beschäftigten sich in diesen Jahren intensiv mit dem Wasserhaushalt der Pflanzen und hatten auch auf der Nordkette Untersuchungsflächen. Sie leisteten Pionierarbeit in der Schätzung des Wasserverbrauchs ganzer Pflanzenvereine (PISEK & CARTELLIERI 1941). In den 70iger Jahren wurde im Rahmen von wissenschaftlichen Projekten (IBP und FWF-Projekte) am Hafelekar vor allem Resistenz-ökologische Forschung betrieben (KAINMÜLLER 1974, LARCHER & WAGNER 1976). Aber auch in vegetationskundlicher Hinsicht fand die Nordkette wieder Beachtung, so berücksichtigten PITSCHMANN et al. (1970) die Nordkette im Rahmen der Bearbeitung der Karte der aktuellen Vegetation von Tirol. HUBER-SANNWALD et al. (1990) trafen im Rahmen der Biotopkartierung eine grobe pflanzensoziologische Ansprache der Vegetationseinheiten. In den letzten Jahren entstanden Diplomarbeiten und Dissertationen, die sich mit der Phänologie sowie populations- und reproduktionsbiologischen Aspekten subalpiner und alpiner Pflanzen beschäftigten (PROCK 1989, STURM 1990, PATTIS 1992, WAGNER & TENGG 1997, RAINER 1995, BAHN 1996, HINTNER 1996, WAGNER &

REICHEGGER 1997). Pflanzensoziologisch wurde vor allem die Vegetation von Lawenrasen (ERSCHBAMER 1989), von subalpinen und alpinen Rasen (MAYR 1995) und von Schutthalden (BAHN 1996) bearbeitet.



Abb. 1 Exkursionsroute auf der Nordkette mit den geplanten Haltepunkten: nach der Österreichischen Karte 1:50 000 (ÖK50-West) Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen.

2. Geographie – Geologie

Die Innsbrucker Nordkette ist die südlichste und kürzeste der vier von West nach Ost gerichteten Ketten des Karwendel. Die Ostgrenze bildet das Halltal und die Westgrenze der Eritsattel, an dem die Hauptdolomitberge der Seefelder Gebirgsgruppe angrenzen (HEUBERGER 1975). Der Südabfall der Nordkette fällt durch Quartäler ungegliedert steil zum Inn ab, das die tektonische Grenze zwischen Nördlichen Kalkalpen und Zentralalpen bildet. Der schroffe Grat der Nordkette erreicht seine höchsten Höhen mit dem Kl. Solstein (2637 m) und der Brandjochspitze (2599 m) im Westen und verliert über die Frau Hitt (2270 m), Hafelekarspitze (2334 m), Mandlspitze (2366 m), Rumer Spitze (2454 m), Wildangerspitze (2153 m) und Haller Zunterkopf (1966 m) langsam an Höhe, wobei die Einschnitte zwischen den einzelnen Gipfeln ungefähr zwischen 100 m und 200 m tief sind. Der Höhenunterschied zwischen Gipfelflagen und dem Talboden des Innals variiert zwischen 1700 m und 2200 m, während der Abfall zum Talboden des Gleirschtals im Norden nur etwa 1000 m beträgt. Die Nordabdachung ist im Gegensatz zur Südabdachung durch Kare, die schroffe Felswände und ausgedehnte Schutthalden aufweisen, reich gegliedert. Auf der Südabdachung sind nur die Seegrube und das Brandjochkar zu nennen. Im Bereich von Innsbruck ist der Nordkette eine breite Terrasse (Hungerburg – Rechenhof) in 850 m – 900 m NN vorgelagert, die hypothetisch als präglazialer Talboden des Innals angesehen wird (KLEBELSBERGER 1935).

Die Nordkette wird von der Inntaldecke (Tirolikum) und der darunterliegenden Lechtaldecke (oberes Bajuvarikum) aufgebaut, beide nah verwandte Decken des Oberostalpins (HEUBERGER 1975). In der Inntaldecke ist die Trias vom Buntsandstein bis zu den Wettersteinkalken vorhanden. Nach AMPFERER & HAMMER (1898) wird der Nordabfall der Nordkette vorwiegend von Wettersteinkalk gebildet, der einen sehr feinkörnigen brüchigen, dick gebankten Riffkalk, fast frei von tonigen Verunreinigungen, darstellt und für schroffe Mauern und ausgedehnte Schutthalden sorgt (Abb. 2). Die Gipfellagen bestehen entweder aus Wettersteinkalk, wie zum Beispiel die Mandlspitze (2372 m) oder aus Partnachkalken. Darunter treten die Muschelkalke, zu denen auch die Reichenhaller Schichten zählen, mit eingelagerten Mergeln auf, die bei Verwitterung für tonreiche Böden sorgen. Die älteste Schicht der Inntaldecke, der Buntsandstein, markiert die Grenze zur Lechtaldecke. Er steht den tonschieferigen Werfener Schichten der östlichen Kalkalpen nahe und bildet einen Quellhorizont, den Almen von der Umbrückler Alm über die Arzler Alm zur Vintlalm folgen. (HEUBERGER 1975). Jüngere Triasgesteine sind nur in der Lechtaldecke erhalten und treten im Hauptdolomit der Zuntnerköpfe zu Tage. Die Schichtenfolge wird stellenweise von der Höttinger Breccie bedeckt, die bei ungefähr 1900 m NN ihre Obergrenze und bei 580 m NN ihre Untergrenze erreicht (PASCHINGER 1950). Im Hangfußbereich der Nordkette spielen Moränen, glaziale und interglaziale Schotter und Sande eine bedeutende Rolle. Die Exkursionsroute verläuft auf den Südhängen der Nordkette vor allem im Bereich der Muschelkalke; die Gipfel und Gratlagen werden vom Kalk der Partnachschichten aufgebaut und der Nordwestabhang der Mandlspitze von Wettersteinkalk.

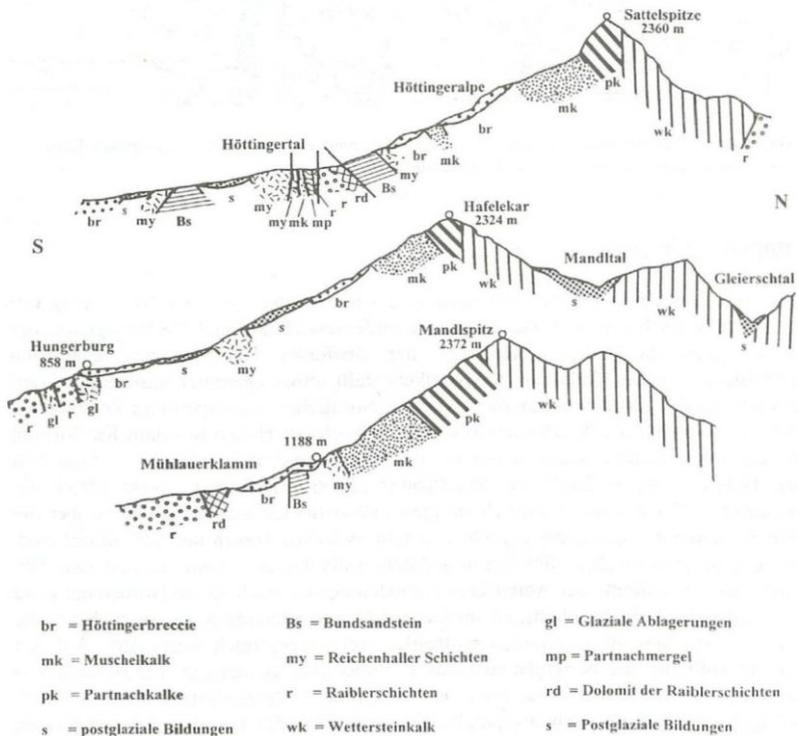


Abb. 2 Der geologische Aufbau der Innsbrucker Nordkette nach AMPFERER & HAMMER (1898).

3. Klima

Die Nordkette gehört in den montanen Lagen dem mitteleuropäischen, mäßig warmen niederschlagsärmeren Klimatyp VI 3b mit deutlichem Sommerregenmaximum (WALTER & LIETH 1964) an, in der subalpinen Stufe dem Klimatyp VI(X)3 und in der alpinen Stufe dem Typ IX (X) (Abb. 3).

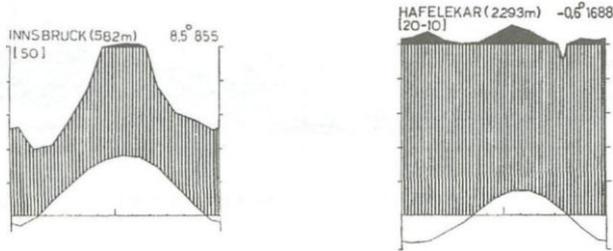


Abb. 3 Klimadiagramm von Innsbruck und Hafelekar nach WALTER & LIETH (1964).

Nach FLIRI (1975) reicht das Monatsmittel der Monate Juni, Juli und August am Hafelekar von 5°C bis 7,5°C. Die Zahl der Frosttage reicht von 111,1 Tagen in Innsbruck bis zu 233 Frosttagen am Hafelekar. In den Hochlagen muß also auch während der Sommermonate mit Temperaturen unter dem Gefrierpunkt und mit Schneefällen gerechnet werden. Die Vegetationsperiode nimmt von durchschnittlich 170 Tagen (25. April – 12. Oktober) in Innsbruck auf 130 Tage (Mitte Mai bis Ende September) in der alpinen Stufe ab. Auf der Nordkette herrschen das ganze Jahr über Südwestwinde vor, wobei mit einer mittleren Windgeschwindigkeit von 4m/sec gerechnet werden muß. In Innsbruck ist im langjährigen Durchschnitt an 60 Tagen im Jahr Südöhn zu erwarten.

4. Die Vegetation

Der ungefähr 2000 m lange Höhengradient der Südabdachung vom Talboden bis zur Gipfelregion hat eine ausgeprägte Höhenzonierung der Vegetation zur Folge. PITSCHMANN et al. (1970) nehmen als potentielle Vegetation eine Abfolge von Eichenmischwald (bis ca. 900 m NN), Tannenbuchenwald mit beigemischter Fichte (bis ca. 1600 m NN) und subalpinem Fichtenwald, der dann bei ca. 1900 m NN über einen schmalen Latschengürtel und einen gering ausgebildeten *Erica carnea* – *Rhododendron hirsutum* Zwergstrauchgebüsch in kalkalpine Rasen wie das *Caricetum firmæ* und *Seslerio-Caricetum sempervirentis* übergeht, an.

In der Eichenmischwaldstufe sind naturnahe Wälder an den Steilhängen unterhalb der Hungerburg fragmentarisch ausgebildet. Es handelt sich um Edellaubmischwälder mit *Quercus robur*, *Tilia cordata*, *Acer platanoides*, *Acer pseudoplatanus*, *Fraxinus excelsior* und *Fagus sylvatica* in der Baumschicht. Wasserzügige Hanglagen können kleinflächig von Grauerlenbeständen eingenommen werden (HUBER-SANNWALD et al. 1990). Weitverbreitet sind Föhrenwälder (*Erico-Pinion sylvestris*), die in Lagen unterhalb 700 m Meereshöhe reich an *Carex humilis* sind, aber in höheren Lagen ausgeprägten *Erica carnea* - Unterwuchs aufweisen (PITSCHMANN et al. 1970) (Abb. 4).

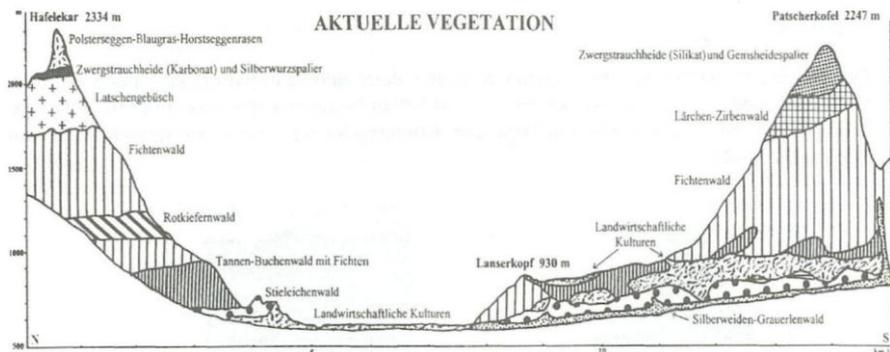


Abb. 4. Die aktuelle Vegetation entlang eines NS-Transektes von der Nordkette zum Patscherkofel (verändert nach PITSCHMANN et. al. 1970).

In den montanen Lagen ist der Tannenbuchenwald über weite Bereiche durch Fichtenwald ersetzt, nur an sehr steilen Hanglagen können Seggen- und orchideenreiche Kalkbuchenwälder ausgebildet sein. In Abhängigkeit von der Höhenlage und dem Ausmaß des anthropogenen Einflusses nimmt der Anteil an Fichte stark zu. Eine Besonderheit der Nordkette sind die Strauchbuchenwälder, die vor allem entlang der waldfreien Lawenstriche bis zum Latschengürtel empordringen. Hier zeigen die Buchen basitone Verzweigung, deutlich bogenförmigen Wuchs und dichte Adventivbewurzelung. Zwischen 1400 m NN und ungefähr 2000 m NN sind großflächige Latschenkrummholzbestände ausgebildet, die ähnlich wie der Strauchbuchenwald entlang der Lawenbahnen bis ins Tal ziehen können. Der Latschengürtel ist durch mehrere Almen (Höttinger Alm, Vintl Alm), wo Bürstlingsrasen dominieren, sowie ehemalige Bergmäher (Herzwiesen, Garzanwiese) unterbrochen. Oberhalb des Latschengürtels schließen die alpinen Rasen an, wobei auf der Südabdachung der Nordkette vor allem das Seslerio-Caricetum sempervirentis verbreitet ist, in den Gipfellagen und der Nordabdachung hauptsächlich das Caricetum firmiae. Je nach Standortbedingungen, sowie Art und Stärke des anthropozoogenen Einflusses können unterschiedliche Ausprägungen dieser Gesellschaften erkannt werden. Die Schutthalden der Südabdachung sind am besten im Brandjochkar, der Seegrube und der Arzler Reise, wo die mächtige Schutthalde ihre Fortsetzung in der Mühlauer Klamm findet, ausgebildet und zeigen je nach Schuttdynamik eine sehr vielfältige Vegetation auf, die von Latschengruppen, *Rhododendron hirsutum* - Gebüsch bis zu den Schuttgesellschaften des Petasition paradoxii variieren kann. Die besonders an der Nordabdachung auftretenden schroffen Felsabbrüche werden stellenweise von Rasenfragmenten des Caricetum firmiae oder Felspaltenvegetation der Potentilletalia caulescentis besiedelt. Nur an wenigen Stellen wie zum Beispiel den Abhängen der Gleirschspitze, den Westabhängen der Mandlspitze konnten sich großflächige Rasenflächen des Caricetum firmiae ausbilden, die allerdings der Schafbeweidung ausgesetzt sind. Unterhalb der felsigen Gipfelaufschwünge sind die Kare meist erfüllt von ausgedehnten Schutthalden, die je nach Schuttdynamik von unterschiedlichen Gesellschaften des Thlaspion rotundifolii bewachsen sind. In den Karböden findet man schöne Dolinen, in denen sich Schneebodenvegetation des Arabidion caeruleae etabliert hat.

Die Nordkette ist aufgrund der unmittelbaren Nähe zur Stadt als Naherholungsgebiet von großer Bedeutung. Die Seilbahn mit den Stationshäusern, Restaurants, Abwasserkanälen, Schipisten und zahlreichen Wanderwegen prägen das Bild und beeinflussen die Vegetation

der Südabdachung. Zum Schutz vor Lawinen mußten manche Hangabschnitte, besonders im östlichen Bereich, durch Lawinenverbauungen gesichert werden.

Die Nordkette wird seit Jahrhunderten beweidet. Die Waldgrenze wurde auf der Südseite durch Brandrodung von 2000 m auf 1700 m NN herabgedrückt. Es werden sowohl Rinder als auch Schafe gehalten, wobei sich die Schafe hauptsächlich in den Gratlagen aufhalten. Zahlreiche Lägerfluren in Muldenlagen und Sattellagen, in besonders schöner Ausprägung am Gleirschattel, zeugen vom reichen Nährstoffeintrag der Schafe.

4.1. Latschenkrummholz (Tab. 1)

Die Zusammensetzung des weitläufigen Latschenkrummholzes zeigt je nach Höhenlage, Bodenreife und Verzahnungsgrad mit den angrenzenden Rasen ein sehr differenziertes Bild. *Pinus mugo* dominiert in der Strauchschicht, kann aber von *Sorbus chamaemespilus*, *Rosa pendulina*, *Salix appendiculata* und mit zunehmender Bodenfeuchtigkeit auch von *Alnus alnobetula* begleitet werden. Im Unterwuchs sind *Rhododendron hirsutum*, *Vaccinium myrtillus* und *Vaccinium vitis-idaea* regelmäßig vertreten.

Über Rendzina mit gut ausgebildeter Tangelhumusschicht kommt es zur oberflächlichen Versauerung, sodaß in der Zwergstrauchschicht Säurezeiger wie *Rhododendron ferrugineum*, *Vaccinium gaultherioides* und *Avenella flexuosa* wachsen. Diese Latschenbestände sind relativ artenarm, können sich aber durch eine dichte Moosschicht aus *Dicranum scoparium*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi* und *Rhytidadelphus triquetrus* auszeichnen.

Auf südseitigen Lagen tritt *Erica carnea* gemeinsam mit Arten der kalkalpinen Magerrasen, wie *Sesleria albicans*, *Phyteuma orbiculare*, *Campanula scheuchzeri* und *Daphne striata* über wenig versauerten Rendzinaböden hinzu. Als typische Begleiter sind *Geranium sylvaticum*, *Knautia maxima*, *Paris quadrifolia*, *Rubus saxatilis*, *Huperzia selago*, *Actaea spicata*, *Luzula sylvatica* und *Pyrola rotundifolia* zu nennen. Im Samertal auf der Nordabdachung können auch *Allium victorialis*, *Aconitum lycoctonum*, *Aquilegia atrata* und *Lilium martagon* auftreten (HUBER - SANNWALD et al. 1990). In der Strauchschicht zeigen *Sorbus aucuparia*, vereinzelt *Larix decidua* und *Acer pseudoplatanus* die potentielle Waldregion an. Je nach Verzahnung mit Hochstauden und Rostseggenrasenfragmenten in den tieferen Lagen und dem Seslerio-Caricetum semperviretum oder Caricetum firmiae in den höheren Lagen können viele dieser Rasenarten randlich eindringen und so für sehr artenreiche Bestände sorgen. Die Artenzusammensetzung der Latschenbestände entspricht in den Grundzügen dem *Rhododendro hirsuti* - Pinetum mugi BR.-BL. et al. 1939.

4.2. Die Rasen der subalpinen – alpinen Stufe

4.2.1. Seslerio-Caricetum sempervirentis Br. Bl. in Br.-Bl. et Jenny 1926 (Tab.2)

Auf den steilen, immer wieder durch Schuttrinnen unterbrochenen Hängen der Südabdachung schließen oberhalb des Latschengürtels ausgedehnte Blaugras-Horstseggenrasen an. Kennzeichnend für diese Rasen ist das gemeinsame Vorkommen von *Carex sempervirens* und *Sesleria albicans*, die mit ihren schuttstauenden Horsten für das typische, treppige Erscheinungsbild dieser Rasen verantwortlich sind. Dazu gesellen sich regelmäßig *Erica carnea*, *Polygala chamaebuxus* sowie die Spaliersträucher *Globularia cordifolia* und *Dryas octopetala*, die als typische Arten offener, schuttreicher Pionierstadien anzusehen sind. Zahlreiche typische Seslerieteae Arten wie zum Beispiel *Scabiosa lucida*, *Phyteuma orbiculare*, *Anthyllis vulneraria*, *Acinos alpinus* und *Senecio doronicum* sorgen für artenreiche Bestände. Eine bezeichnende Art dieser Rasen ist *Daphne striata*, die ihre östliche

Verbreitungsgrenze in den Nördlichen Kalkalpen westlich des Inns erreicht (MEUSEL et al. 1978).

Je nach Entwicklungsstadium, Höhenlage und Weideeinfluß lassen sich unterschiedliche Ausbildungen von offenen Pionierrasen bis hin zu ausgereiften dichten Rasen mit zahlreichen Nährstoffzeigern erkennen.

Tab.1: Aufnahmen von Latschenbeständen der Innsbrucker Nordkette. Aufnahmen 1 - 5: PROCK (in HUBER-SANNWALD et. al. 1990). Aufnahmen 6 - 9: BAHN (1996). Aufnahmen mit X = Artenlisten ohne Deckungsschätzung.

Laufende Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Pinus mugo</i>	x	x	4	x	x	4	4	5	4	5
<i>Juniperus communis ssp.alpina</i>	x	x		x	x	2a	2a			
<i>Vaccinium myrtillus</i>	x	x	2b		x		2m	1	1	
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	x	x	2b	x	x	2a	2a	2a		
<i>Rhododendron hirsutum</i>	x	x	1	x	x	2b	2a		3	
<i>Sorbus chamaemespilus</i>	x		+	x	x					
<i>Vaccinium gaultherioides</i>	x	x	2b	x						
<i>Rhododendron intermedia</i>	x	x	1							
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	x	x	2b							
<i>Avenella flexuosa</i>	x	x								
<i>Erica carnea</i>				x	x	2b	2a	2a	2b	4
<i>Sesleria albicans</i>			1	x		+			1	1
<i>Phyteuma orbiculare</i>			+		x		+		1	r
<i>Galium anisophyllum</i>			+				1		1	1
<i>Biscutella laevigata</i>			1			+			+	r
<i>Campanula cochlearifolia</i>					x	1				2m
<i>Campanula scheuchzeri</i>					x	1	2m		1	
<i>Valeriana montana</i>				x	x	+			+	
<i>Daphne striata</i>				x	x	+			+	
<i>Hieracium bifidum</i>	x			x	x	2m			1	2m
<i>Alnus alnobetula</i>		x	+	x	x					
<i>Persicaria vivipara</i>			1	x	x					
<i>Geranium sylvaticum</i>			+	x	x					
<i>Homogyne alpina</i>			2a	x	x					
<i>Knautia maxima</i>				x	x					
<i>Paris quadrifolia</i>				x	x					
<i>Potentilla erecta</i>				x	x					
<i>Rubus saxatilis</i>				x	x					
<i>Salix waldsteiniana</i>		x		x	x					
<i>Scabiosa lucida</i>				x	x					
<i>Carduus defloratus</i>				x	x				r	
<i>Sorbus aucuparia</i>				x	x					
<i>Globularia nudicaulis</i>				x	x				1	
<i>Gentiana clusii</i>			1	x						
<i>Carex ferruginea</i>			2a	x						
<i>Aster bellidiastrum</i>			1	x						
<i>Alchemilla alpina</i>			2a	x						
<i>Adenostyles alliariae</i>			1	x						
<i>Viola biflora</i>			2a	x						
<i>Peucedanum ostruthium</i>			+	x						
<i>Lotus corniculatus</i>			+	x						
<i>Solidago virgaurea</i>			+	x						
<i>Deschampsia cespitosa</i>			2a		x					
<i>Anthoxanthum odoratum</i>			1		x					
<i>Huperzia selago</i>			+		x					
<i>Saxifraga aizoides</i>			1		x					
<i>Leontodon hispidus</i>			1		x					
<i>Pyrola rotundifolia</i>			+		x					
<i>Carex sempervirens</i>					x	+				

Zusätzliche Arten, die nur 1x vorkommen.

Spalte 1: *Gentiana punctata*, *Poa hybrida*, *Salix foetida*;

Spalte 2: *Arctostaphylos alpinus*, *Loiseleuria procumbens*, *Salix hastata*;

Spalte 3: *Alchemilla conjuncta*, *Achillea atrata*, *Carex capillaris*, *Carex digitata*, *Dryas octopetala*, *Dryopteris dilatata*, *Gentiana bavarica*, *Poa alpina*, *Polygala amarella*, *Potentilla aurea*, *Pinguicula alpina*, *Ranunculus alpestris*, *Ranunculus montanus*, *Saxifraga stellaris*, *Veratrum album*, *Veronica aphylla*, *Veronica alpina*, *Salix reticulata*, *Salix retusa*, *Mochringia ciliata*, *Selaginella selaginoides*;

Spalte 4: *Aconitum lycoctonum*, *Allium victorialis*, *Aquilegia atrata*, *Bartsia alpina*, *Carex ornithopoda*, *Clematis alpina*, *Polystichum lonchitis*, *Gymnocarpium robertianum*, *Lilium martagon*, *Thesium alpinum*, *Soldanella alpina*;

Spalte 5: *Acer pseudoplatanus*, *Actaea spicata*, *Agrostis gigantea*, *Carex pallescens*, *Astrantia major*, *Athyrium filix femina*, *Calamagrostis varia*, *Carlina acaulis*, *Crepis aurea*, *Dactylorhiza maculata*, *Festuca rubra* agg., *Gymnadenia conopsea*, *Gymnadenia odoratissima*, *Helianthemum ovatum*, *Luzula sylvatica*, *Mercurialis perennis*, *Oxalis acetosella*, *Polygonum verticillatum*, *Rubus idaeus*, *Salix appendiculata*, *Salix caprea*, *Silene nutans*, *Saxifraga rotundifolia*, *Rosa pendulina*, *Hypericum maculatum*.

Die typische Ausbildung des **Seslerio-Caricetum sempervirentis** (Tab.2., 5d) besiedelt sehr steile, südexponierte Hanglagen (30-40°) oberhalb des Latschenkrummholzes zwischen 1900 m und 2100 m Höhe. Der Boden kann als flache bis mittelgründige Rendzina bezeichnet werden, der mit zunehmender Entwicklung einen Verbraunungshorizont zeigen kann. In den tieferen Lagen, bei stärkerem Weideeinfluß sind regelmäßig *Potentilla aurea*, *Potentilla erecta*, *Briza media*, *Crepis aurea* und *Alchemilla vulgaris* anzutreffen. Hier gedeiht auch *Helianthemum grandiflorum*, das mit zunehmender Höhenlage und Flachgründigkeit des Bodens von *Helianthemum alpestre* ersetzt wird.

Oberhalb 2100 m NN nehmen zum einen Arten des Caricetum firmae wie *Carex firma* und *Saxifraga caesia* zu, zum anderen aber auch Arten der Schneeböden und feuchten Gesteinsfluren wie *Potentilla brauneana*, *Gnaphalium hoppeanum*, *Draba aizoides* und *Saxifraga moschata*, welche die **Ausbildung mit *Saxifraga moschata*** (Tab. 2, 5b, 5c) kennzeichnen. Diese Rasen besiedeln steile Hangrinnen und Mulden, die einer längeren Schneebedeckung ausgesetzt sind. Diese Standorte zeichnen sich durch flachgründige, skelettreiche, meist gut durchfeuchtete Rendzina aus. Große Bedeutung kommt in diesen Rasen *Dryas octopetala* zu (Tab. 2, 5c). Mit zunehmender Schneedeckendauer wird sie jedoch ebenso wie die wärmeliebenden Arten *Erica carnea*, *Daphne striata* und *Polygala chamaebuxus* von *Salix retusa* ersetzt. Im Sommer werden diese Lagen von Schafen beweidet. Das regelmäßige Auftreten von Arten wie *Potentilla aurea*, *Alchemilla alpina*, *Alchemilla vulgaris* und *Poa alpina* sind Folgen dieses Weideeinflusses.

Auf ruhenden Schutthalden der Südabdachung mit reichlicher meist auch oberflächlicher Feinerde haben sich sehr lückige Pionierstadien des Blaugras-Horstseggenrasen (**Ausbildung mit *Trisetum distichophyllum***) gebildet, die als Übergangsstadium vom Trisetetum distichophyllum aufzufassen sind (Tab. 2, 5e). Typische Arten des Seslerio-Caricetum sempervirentis sind regelmäßig, aber durchwegs mit geringer Deckung anzutreffen, dazu gesellen sich mit hoher Stetigkeit charakteristische Arten der Schuttesellschaften wie *Silene vulgaris* ssp. *glareosa*, *Minuartia austriaca*, *Linaria alpina*, *Rumex scutatus* und *Thlaspi rotundifolium*. Aber auch diese Standorte bleiben von der Schafbeweidung nicht verschont und so prägen *Urtica dioica*, *Cerastium holosteoides*, *Cirsium spinosissimum* das Erscheinungsbild dieser Bestände mit.

Auf steilgeneigten Rippen und Felsnasen der Südabdachung in Höhen zwischen 1500 m und 2300 m kann die **Ausbildung mit *Carex mucronata*** angetroffen werden (Tab. 2, 5a). Auf diesen Standorten, die sich durch geringe winterliche Schneebedeckung und frühes Ausapern auszeichnen, tritt *Carex mucronata* in Erscheinung. Sie bildet hier gemeinsam mit *Carex firma*, *Sesleria albicans*, *Carex sempervirens*, *Daphne striata* und *Erica carnea* sowie vielen anderen Seslerietea-Arten eine Gesellschaft, in der Arten, die eine gute Bodendurchfeuchtung und ausgeprägten winterlichen Schneeschutz benötigen, weitgehend fehlen. Für diese

Bestände kennzeichnend ist das regelmäßige Auftreten von *Aster alpinus* und *Valeriana saxatilis*.

Die typische Ausbildung des Seslerio-Caricetum sempervirentis entspricht in ihrer Artenkombination weitgehend den Beständen der typischen Variante des Seslerio-Caricetum sempervirentis ericetosum herbaceae (EGGENSBERGER (1994) in GRABNER 1997), die von Gebirgen westlich des Inns stammen. Der Verbreitungsschwerpunkt liegt allerdings auf der Nordkette, vermutlich aufgrund des kontinentaler getönten Klimas, höher als in den Untersuchungen von URBAN (1991) und EGGENSBERGER (1994), die in den randalpinen Ammergauer Alpen unternommen wurden. Im Vergleich zu den Rasen der Bayerischen Alpen (RÖSLER 1997), kommt *Erica carnea* in den Rasen der Nordkette größere Bedeutung zu. Sowohl standörtliche als auch floristische Übereinstimmung ist mit den von SAITNER & PFADENHAUER (1992) beschriebenen Rasen gegeben. Die ähnlichen Rasen des Rofangebirges (THIMM 1950) zeichnen sich durch das Vorkommen von *Achillea clavinae* aus, die ihre westliche Verbreitungsgrenze östlich des Achensees erreicht und somit auf der Nordkette fehlt. Die Ausbildung mit *Saxifraga moschata* läßt sich in die Nähe des Seslerio-Caricetum sempervirentis dryadetosum octopetalae (GRABNER 1997) stellen, allerdings sind auf der Nordkette die Schneebodenarten von größerer Bedeutung. Die Ausbildung mit *Carex mucronata* entspricht weitgehend dem von EGGENSBERGER (1994) und RÖSLER (1997) beschriebenen Seslerio-Caricetum sempervirentis caricetosum mucronatae, sowie dem von SMETTAN (1981) dokumentierten Caricetum mucronatae. Die Bestände auf der Nordkette sind jedoch in höherer Lage ausgebildet, weshalb Arten wie *Teucrium montanum* weitgehend fehlen. Die Armut an Trennarten lassen von der Ausweisung einer eigenen Assoziation Abstand nehmen.

Tab. 2: Stetigkeitstabelle der Rasen und Schuttvegetation der Innsbrucker Nordkette, erstellt anhand von Aufnahmen von MAYR (1995) und BAHN (1996). Stetigkeit in Prozent.

d1: Trennarten für die Spalte 1, d2a: Trennartengruppe für die Spalte 2a, usw.

d3: Kennarten für das Athamanto-Trisetum distichophylli.

d4: Kennarten für das Caricetum firmiae

d5: Kenn- und Trennarten für das Seslerio-Caricetum sempervirentis

Spaltennummer	1	2a	2b	3a	3b	3c	4a	4b	4c	4d	5a	5b	5c	5d	5e	
Aufnahmezahl	19	25	20	15	38	9	23	15	30	9	20	14	26	29	14	
<i>d1, d2a</i>																
<i>Saxifraga androsacea</i>	53	8	.	.	3	.	22	33	3	.	.	.	.	.	.	.
<i>Saxifraga aphylla</i>	42	48	40	.	3	56	17	13	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Saxifraga stellaris</i>	58	40	.	.	3	.	13	13	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Festuca alpina</i>	47	48	.	13	13	11	13	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>d3</i>																
<i>Trisetum distichophyllum</i>	.	.	5	87	42	56	22	.	.	.	.	.	.	.	.	64
<i>Linaria alpina</i>	.	16	.	40	68	89	13	.	.	.	.	.	.	.	7	64
<i>d3a</i>																
<i>Papaver alpinum</i> ssp. <i>sendtneri</i>	.	8	15	20	3	89	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Petasition paradoxii</i>																
<i>Rumex scutatus</i>	5	8	.	87	47	44	17	.	.	.	.	.	.	.	3	50
<i>Silene vulgaris</i>	5	16	10	60	87	44	39	.	.	.	.	.	.	.	14	71
ssp. <i>glareosa</i>																
<i>Minuartia austriaca</i>	5	8	20	40	47	67	30	.	.	.	.	.	.	.	7	71
<i>Adenostyles glabra</i>	16	16	5	7	24	.	9	.	.	.	.	.	.	.	.	36
<i>d3b</i>																
<i>Valeriana montana</i>	.	.	.	.	34	.	.	.	.	.	15	7	10	48	86	
<i>Thlaspietea/Begleiter</i>																
<i>Thlaspi rotundifolium</i>	.	76	100	27	61	100	48	.	.	.	.	.	.	3	.	57
<i>Poa minor</i>	74	80	25	20	71	78	70	7	.	.	.	.	.	3	3	50
<i>Moehringia ciliata</i>	68	60	55	53	66	67	57	20	.	.	.	.	.	.	.	64

Moose	10	80	20		92	78	96								24	93
Asplenium viride	32	12			21	22	13								7	14
d4																
Ranunculus alpestris	58	16			11	22	61	100	87	56	10	50	13	17		
Carex firma					3	22	91	60	100	100	95	36	50	21		
Saxifraga caesia	11				3	22	91	27	73	100	85	29	53	10		
Pinguicula alpina					5	11	17	7	57	44	5	7	3	10		
Minuartia sedoides		12			11	11	22	47	63	56	5	57	27	3		
Saxifraga oppositifolia	26	24			3	44	26	40	63	22				10	3	
Salix retusa	11	8			18	44	70	73	43		10	71	17	31		
Crepis jacquinii					3	11	17		23		5		10			
Chamorchis alpina									30	56	25					
d4b																
Gentiana bavarica								73			5			3		
Carex parviflora					3		13	73	7			7	10			
Soldanella minima								67	3			36				
Veronica alpina							4	53			5	43	17		14	
Salix herbacea							9	33	3							
Sibbaldia procumbens								27				14	7			
d4c																
Kobresia myosuroides								7	57							
Oxytropis campestris									33							
Loiseleuria procumbens								7	43							
Vaccinium vitis-idaea								7	38		10		3			
Vaccinium gaultherioides									20	57	11	5			7	7
d4b,4c																
Salix serpyllifolia							9	53	37			7	7	7		
Primula minima								80	62				3			
d4d,d5a																
Carex mucronata										33	70					
Aster alpinus							13	27	89	90			17	24		
d5																
Thesium alpinum										40	7	20	62	7		
Globularia nudicaulis							4			15	43	43	83	14		
Gypsophila repens					3		4			20	14	10	38	21		
Linum catharticum					5					45	43	10	69	36		
Hippocrepis comosa					11					65	71	50	69	64		
Acinos alpinus					16		4			25	79	73	59	93		
Carduus defloratus	5				21					20	86	53	72	71		
Lotus corniculatus					5			7		10	57	37	83	43		
Helianthemum grandiflorum										15	29	13	48			
Senecio doronicum				13	13						15	43	43	34	71	
d5b,d5c																
Saxifraga moschata	5	4			13	11	13	27			10	71	60	3	43	
Gnaphalium hoppeanum					3			67	33	33	5	93	80	3	29	
Potentilla brauneana	5				13			9	93	13	44		100	87	21	57
Arenaria ciliata					3	11	4	20	10		10	43	37		21	
Alchemilla alpina								7			5	50	40	14	7	
Silene vulgaris											5	50	23	10		
Draba aizoides					3		4	20	7		30	64	73	10	14	
Veronica fruticans	5				5			7	3		5	43	43	7	57	
Polygala amarella											10	21	33	10		
d5d																
Potentilla erecta												7	3	45	7	
Briza media														34	7	
d5e																
Cirsium spinosissimum	5				16			7				14			43	
Taraxacum officinale	5				21		4	20	3			14	7		43	
agg.																
Deschampsia cespitosa	5				11		4	7				14			57	
Urtica dioica	11				18							7			36	
Cerastium holosteoides					13	16		4							64	
Daphne striata										100	95	14	77	97	36	
Erica carnea							4			22	100	7	73	90		
Globularia cordifolia										67	90	14	57	93	29	
Polygala chamaebuxus									3	22	90		37	83	7	
Scabiosa lucida					5		17			44	50	93	70	97	71	

Phyteuma orbiculare	5	.	.	.	8	.	.	20	.	22	25	86	67	90	79
Carlina acaulis	.	.	.	.	8	.	4	.	.	11	25	79	23	69	36
Hieracium bifidum	5	4	.	13	8	.	.	.	.	11	30	43	47	76	71
<i>Seslerietea / Begleiter</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dryas octopetala	.	.	.	.	3	.	78	60	97	100	50	43	77	55	7
Persicaria vivipara	.	.	.	.	11	.	70	93	93	89	30	100	83	59	29
Euphrasia minima	.	.	.	.	.	11	.	87	67	56	15	79	63	24	21
Silene acaulis	5	4	.	.	11	11	35	100	97	78	30	86	80	24	29
Gentiana verna	.	.	.	.	.	.	9	33	87	100	90	71	77	52	21
Agrostis alpina	.	.	.	.	7	3	4	60	73	100	65	93	70	66	7
Primula auricula	.	4	.	.	5	.	35	.	57	100	100	21	63	45	7
Selaginella selaginoides	.	.	.	.	.	.	9	73	53	56	10	29	27	48	.
Bartsia alpina	.	.	.	.	3	.	39	33	53	56	15	.	10	59	.
Primula farinosa	.	.	.	.	7	.	4	.	53	67	25	7	10	38	.
Gentiana clusii	.	.	.	.	3	.	17	33	43	33	75	64	37	83	14
Helianthemum alpestre	.	.	.	.	.	.	48	20	87	100	100	79	87	93	21
Pedicularis rostratocapitata	.	.	.	.	.	.	.	13	60	78	90	29	20	52	.
Gentiana germanica	.	.	.	.	.	.	.	20	.	11	30	36	23	21	.
Carex sempervirens	.	.	.	.	.	11	35	47	40	56	75	86	77	100	71
Aster bellidiastrum	.	.	.	.	3	.	39	60	7	33	50	100	70	100	50
Gentianella anisodonta	.	.	.	.	5	.	4	7	37	44	90	57	77	48	29
Anthyllis vulneraria	.	.	.	.	13	.	13	7	10	100	100	36	73	83	50
Thymus praecox	.	.	.	.	7	8	4	27	17	78	80	93	87	83	79
Saxifraga paniculata	5	4	.	.	.	.	9	7	23	56	60	79	77	34	36
Gentiana nivalis	.	.	.	.	.	.	.	60	40	.	10	50	70	7	7
Sesleria albicans	11	8	5	7	53	67	78	80	57	100	100	93	83	100	86
Festuca pumila	11	16	10	7	55	78	96	73	77	67	45	86	53	55	93
Campanula scheuchzeri	11	.	.	.	7	47	39	100	77	78	60	93	87	97	100
Galium anisophyllum	.	.	.	.	13	47	11	48	73	23	67	80	100	87	100
Euphrasia salisburgensis	.	.	.	.	53	18	.	39	20	57	89	100	57	70	79
Ranunculus montanus	5	.	.	.	50	.	9	40	17	22	30	93	77	100	100
Veronica aphylla	.	8	.	.	26	.	61	73	37	56	20	93	87	28	86
Minuartia gerardii	.	4	.	.	24	22	22	47	23	22	30	86	77	24	64
Leontodon hispidus	.	.	.	.	7	18	.	4	33	17	11	.	64	43	28
Myosotis alpestris	5	.	5	.	42	.	13	33	13	11	15	57	63	31	93
Sedum atratum	5	44	.	.	63	22	43	27	3	.	25	86	73	21	86
Poa alpina	26	16	.	.	55	33	39	87	33	11	10	100	73	24	86
Campanula cochlearifolia	5	12	.	.	7	58	56	52	20	23	44	60	21	60	17
Arabis soyeri	53	72	5	13	16	44	74	.	7	22	20	50	53	17	7
Athamanta cretensis	.	.	.	.	7	21	22	.	3	11	15	.	10	7	14
Achillea atrata	5	16	.	13	37	33	52	73	.	.	.	50	3	.	14
Crepis terglouensis	.	12	10	.	5	100	52	7	47	67	5	7	13	.	.
Viola biflora	11	.	.	.	100	58	22	.	.	.	.	21	3	24	93
Saxifraga aizoides	5	4	.	.	5	22	30	73	13	.	.	64	33	17	21
Biscutella laevigata	.	.	.	.	11	.	17	.	.	11	20	.	27	52	29
Festuca norica	.	.	.	.	13	.	.	13	10	.	50	21	13	83	29
Taraxacum alpinum agg.	5	4	.	.	21	11	17	13	.	.	.	.	3	.	14
Gentiana brachyphylla	.	.	.	.	.	.	.	33	30	.	15	57	40	34	.
Potentilla aurea	.	.	.	.	.	.	.	47	17	.	.	29	30	38	.
Soldanella alpina	5	.	.	.	.	.	35	47	13	11	5	71	63	83	57
Homogyne alpina	.	.	.	.	3	.	.	80	27	22	10	93	70	55	21
Alchemilla vulgaris agg.	.	.	.	.	.	.	.	33	.	11	5	79	37	21	.
Crepis aurea	.	.	.	.	7	.	.	47	3	.	.	79	13	28	7
Carex ormithopoda	.	.	.	.	.	.	9	7	3	.	15	21	33	34	7
Hieracium pilosella	.	.	.	.	3	.	.	13	13	.	30	14	57	45	7
Rhododendron hirsutum	.	.	.	.	3	11	39	7	37	33	40	7	27	41	7
Kerneia saxatilis	.	.	.	.	13	.	.	.	3	11	35	.	7	7	14
Phleum alpinum agg.	.	.	.	.	.	.	.	13	.	.	10	14	20	17	14
Luzula multiflora	.	.	.	.	.	.	.	13	3	.	.	36	3	10	.
Carex rupestris	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.	20	21	3	3	.
Nardus stricta	.	.	.	.	.	.	.	13	.	.	.	.	.	10	.
Salix reticulata	.	.	.	.	.	.	22	20	13	.	.	.	.	.	.
Tofieldia calyculata	.	.	.	.	.	.	4	.	31	.	5	.	3	24	.
Helictotrichon parlatorei	.	.	.	.	5	.	.	7	10	.	.	.	.	17	.
Trifolium pratense	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	43	3	10	36
Trifolium thalii	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	36	10	17	14

Festuca rubra agg.	.	.	.	.	.	.	.	13	13	33	25	14	23	10	.	
Carex ornithopodoides	.	.	.	.	3	11	57	67	27	.	.	.	29	13	10	.
Pinus mugo	.	4	.	.	5	22	17	.	.	.	.	.	.	.	3	.
Valeriana saxatilis	.	.	.	.	3	11	22	.	.	.	11	60	.	3	34	.
Pritzelago alpina	16	76	35	33	58	89	61	47	3	.	.	.	36	33	7	64
Arabis alpina	74	56	15	7	39	11	13	.	.	.	.	5	7	30	7	21
Veronica chamaedrys	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	29

1: Arabidetum caeruleae, 2a: Thlaspietum rotundifolii mit Saxifraga aphylla, 2b: Thlaspietum rotundifolii, 3a: Athamanto-Trisetum distichophylli, 3b: Athamanto-Trisetum distichophylli mit *Carex firma*, 3c: Athamanto-Trisetum distichophylli mit *Papaver alpinum ssp. sendneri*, 4a: Caricetum firmae mit *Thlaspi rotundifolium*, 4b: Caricetum firmae mit *Gentiana bavarica*, 4c: Caricetum firmae mit *Kobresia myosuroides*, 4d: Caricetum firmae mit *Carex mucronata*, 5a: Seslerio-Caricetum sempervirentis mit *Carex firma*, 5b: Seslerio – Caricetum sempervirentis mit *Saxifraga moschata*, 5c: Seslerio – Caricetum sempervirentis mit *Saxifraga moschata* und *Daphne striata*, 5d: Seslerio – Caricetum sempervirentis typicum, 5e: Seslerio-Caricetum sempervirentis mit *Trisetum distichophyllum*.

4.2.2. Caricetum ferrugineae Lüdi 1921 (Tab. 3)

Der im Gebiet dominante Wettersteinkalk mit seinen tonarmen Böden ist der Ausbildung von schönen Rostseggenrasen wenig förderlich. Das Vorkommen von Rostseggenrasen ist nur von der Nordabdachung bekannt. Dort bildet *Carex ferruginea* auf nordexponierten, lange schneebedeckten Hängen mit meist gut durchfeuchteten Böden, Mischbestände mit *Sesleria albicans*, *Carex sempervirens* und *Carex firma*. Eine Reihe von Schneebodenarten wie *Ranunculus alpestris*, *Salix reticulata* und *Soldanella alpina* gehören zur typischen Artengarnitur dieser Bestände (HUBER-SANNWALD et al. 1990) und können den Beständen, die in der typischen Variante des Caricetum ferrugineae typicum von GRABNER (1997) zusammengefaßt wurden oder der differentiallosen Subassoziation des Caricetum ferrugineae von EGGENSBERGER (1994) zugeordnet werden.

Tab. 3: Aufnahme eines Caricetum ferrugineae oberhalb des Grubbaches in 1790 m Meereshöhe, erhoben von PROCK (in HUBER-SANNWALD et al. 1990).

Carex ferruginea	2a
Carex firma	2b
Sesleria albicans	1
Festuca pumila	+
Ranunculus alpestris	2m
Rhododendron hirsutum	2a
Salix reticulata	2a
Achillea atrata	2a
Saxifraga caesia	1
Pinguicula alpina	1
Soldanella alpina	1
Gentiana clusii	1
Persicaria vivipara	1
Homogyne alpina	1
Salix retusa	1
Pedicularis rostratocapitata	1
Silene acaulis	1
Asplenium viride	+
Biscutella laevigata	+
Saxifraga aizoides	+
Selaginella selaginoides	+
Tofieldia calyculata	+
Bartsia alpina	+
Chamorchis alpina	+
Viola biflora	+
Aster bellidiastrum	+

4.2.3. Caricetum firmae Rübél 1911

In der alpinen Stufe wird das Seslerio-Caricetum sempervirentis allmählich von einem Caricetum firmae abgelöst, das die durchschnittlich 25° geneigten, windausgesetzten Nordhänge und die 30-40° geneigten Südhänge oberhalb 2100 m bis zu den Gratlagen besiedelt. Die Halbkugelpolster von *Carex firma* und der Spalierstrauch *Dryas octopetala* dominieren die Bestände über flachgründiger, skelettreicher Polsterrendzina. Dazu gesellen sich charakteristische Arten wie *Ranunculus alpestris*, *Saxifraga caesia*, *Saxifraga oppositifolia*, *Pinguicula alpina*, *Minuartia sedoides* und *Chamorchis alpina*.

In Initialrasen, die sich auf ruhenden, meist nordexponierten Schutthalden entwickeln konnten, bereichern *Athamanta cretensis*, *Achillea atrata*, *Saxifraga androsacea*, *Minuartia austriaca*, *Moehringia ciliata*, *Crepis terglouensis* und *Thlaspi rotundifolium* die Artengarnitur (Tab. 2, 4a).

Auf weniger steilen Nordhängen können sich reifere Polsterseggenrasen über mittelgründiger Rendzina mit Verbraunungstendenzen und beginnender oberflächlicher Bodenversauerung ausbilden. In diesen Beständen ist *Kobresia myosuroides* und auch *Oxytropis campestris* ssp. *tirolensis* regelmäßig anzutreffen. Bei geringerer Hangneigung und leichter Muldenlage, treten der Spalierstrauch *Loiseleuria procumbens* und die Zwergsträucher *Vaccinium vitis-idaea* und *Vaccinium gaultherioides* hinzu (Tab. 2, 4c). In den Karböden, Dolinen und Mulden der Nordabdachung und den Jochlagen gesellen sich zu den Arten des Polsterseggenrasens vermehrt Schneearten wie *Ranunculus alpestris*, *Veronica alpina*, *Soldanella minima* und *Potentilla brauneana* und kennzeichnen die Ausbildung mit *Gentiana bavarica*, die zum Arabidion caeruleae vermittelt (Tab. 2, 4b).

Auf den windexponierten Gratlagen der Südabhänge gehören *Daphne striata*, *Erica carnea* und *Globularia cordifolia* ebenfalls zur Artengarnitur. Ähnlich wie in der etwas tiefer gelegenen Subassoziation mit *Carex mucronata* des Seslerio-Caricetum sempervirentis tritt an sehr windausgesetzten Lagen auch hier *Carex mucronata* auf (Tab. 2, 4d).

Die Artenzusammensetzung entspricht dem Dryado-Firmetum des Rofengebirges (THIMM 1953). Auch THIMM (1953) berichtet von Übergängen zum *Elynetum myosuroides* und vom Einwandern von *Loiseleuria procumbens*. SAITNER & PFADENAUER (1992) beschreiben ähnliche Bestände vom Dammkar. Das Einwandern von *Loiseleuria procumbens* in reife Polsterseggenrasen wird bereits von LÜDI (1921), BRAUN-BLANQUET & JENNY (1926), OBERDORFER (1950), PIGNATTI-WIKUS (1959), HAUPT (1981), KÜNG (1981), SMETTAN (1981), GREIMLER (1991), GRABNER (1995) und RÖSLER (1997) berichtet. Auf das Vorkommen von *Kobresia myosuroides* im Caricetum firmae wird auch von LIPPERT (1966), WEBER (1981), HERTER (1990), EGGENSBERGER (1994) und RÖSLER (1997) hingewiesen. Die Ausbildung mit *Carex mucronata* ist gut mit dem Caricetum firmae, das DÜRING & WIERER (1995) aus der benachbarten Soiengruppe als Ausbildung mit *Linum catharticum* beschreiben, vergleichbar. Die Bestände des Karwendels unterscheiden sich von bekannten Beständen in den nördlichen Kalkalpen (LIPPERT 1966, EGGENSBERGER 1994, RÖSLER 1997) durch das Auftreten von *Daphne striata*.

4.3. Schutthaldenvegetation

Die Besiedlung der ausgedehnten Schutthalden der Nordkette hängt im wesentlichen von der Schuttdynamik, der Höhenlage und der Exposition der Schutthalden ab. Entsprechend JENNY-LIPS (1930) und ELLENBERG (1996) können tätige bzw. aktive Schutthalden, die durch regelmäßigen Steinschlag weiter wachsen, von beweglichen Schutthalden, die zwar keiner weiteren Zufuhr von Schuttmateriale ausgesetzt sind, aber durch ihre instabile Lagerung noch leicht in Bewegung gesetzt werden können, unterschieden werden. Bei ruhenden bzw. unbeweglichen Schutthalden hat sich die Oberfläche bereits stabilisiert. Wichtige ökologische

Parameter sind außerdem der Anteil der Feinerde (Korngröße <2 mm) und die Korngröße des Schuttmaterials. Dabei kann Blockschutt (>25mm) von Grobschutt (2-25 mm) und Feinschutt (2-20 mm) unterschieden werden. Nach der vorherrschenden Korngröße, der inneren Schichtung und der Lage der Feinerde können folgende Typen von Schuttböden unterschieden werden:

Grobschuttböden: Eine feinerdearme Steinluftschicht unterschiedlicher Stärke (JENNY-LIPPS 1930) liegt einem Horizont mit Feinerdeansammlung auf. Der Anteil der Feinerde, der von der Art des Gesteins und dem Ausmaß der Verwitterung abhängt, nimmt nach unten immer mehr zu und geht in eine feinerdehaltige Wurzelzone über. Darunter folgt eine ruhende feinerdearme Steinluftschicht, die für tiefwurzelnde Arten zur Verankerung genutzt wird. Für die Vegetation bedeutet die aufliegende Steinluftschicht einerseits ein zu durchwachsendes Hindernis und im bewegten Grobschutt mechanische Belastung, andererseits dient sie auch als Verdunstungsschutz für die tieferliegende Feinerdeansammlung.

Auf **Feinschuttböden** fehlt in der Regel die obere Steinluftschicht, die feinerdereiche Wurzelzone liegt an der Oberfläche und geht bei zunehmender Schuttkorngröße nach unten hin allmählich in die untere Steinluftschicht über.

Blockschuttböden ähneln in ihrem Aufbau den Grobschuttböden. Allerdings zeichnen sie sich durch zusätzliche Kleinstandorte aus. Feinerdeansammlungen in Mulden und Felsspalten auf der Blockoberfläche bieten ebenso besondere Bedingungen wie geschützte Nischen unterhalb großer Felsblöcke.

4.3.1. *Silene glareosa* – Gesellschaft

Bei sehr hoher Schuttdynamik kommen nur vereinzelt *Silene vulgaris* ssp. *glareosa*, *Rumex scutatus* und *Thlaspi rotundifolium* vor.

4.3.2. *Athamanto* – *Trisetetum distichophylli* (JENNY-LIPPS 1930) LIPPERT 1966. NOM. INV.

Diese Gesellschaft bevorzugt südexponierte, sonnigwarme, frühausapernde Schutthalde mit hohem Feinerdeanteil. Auf der Südabdachung liefern Muschelkalk und Partnachschichten tonreiches, fein verwitterndes Schuttmaterial, das bis in eine Meereshöhe von 2170 m NN ideale Standorte für diese Gesellschaft darstellt. Durch die räumliche Nähe zu den angrenzenden Weideflächen, ist auch auf den Schutthalde der Einfluß der Schafbeweidung bemerkbar.

Kennzeichnende Arten sind der Schuttstauer *Trisetum distichophyllum*, die Schuttüberkriecher *Linaria alpina*, *Silene vulgaris* ssp. *glareosa* und der Schuttwanderer *Rumex scutatus*. *Thlaspi rotundifolium*, *Moehringia ciliata* und *Pritzelago alpina* sind ebenfalls mit hoher Stetigkeit vertreten.

Auf tätigen Schutthalde mit ausgeprägter Schuttdynamik und ohne oberflächlich sichtbarer Feinerde erreicht der Pflanzenbewuchs kaum Deckung, vereinzelt aber regelmäßig treten oben angeführte Arten auf und charakterisieren die **typische Ausbildung** (Tab. 2, 3a). Auf ruhenden Schutthalde mit reichlicher, meist auch oberflächlich sichtbarer Feinerde treten *Campanula cochleariifolia*, *Athamanta cretensis*, *Sedum atratum* und *Achillea atrata* sowie Arten der kalkalpinen Rasen wie *Sesleria albicans* und *Festuca pumila* hinzu und kennzeichnen die **Ausbildung mit *Valeriana montana*** (Tab. 2, 3b). Bei stärkerem Weideeinfluß können Nährstoffzeiger wie *Urtica dioica*, *Cirsium spinosissimum* für bis zu 90% deckende Pflanzenbestände sorgen. Auf nordwest-, bis westexponierten feinerdereichen Schutthalde der Nordabdachung ist die **Ausbildung mit *Papaver sendneri*** zu beobachten, die durch *Crepis terglouensis* und *Papaver alpinum* ssp. *sendneri* gekennzeichnet ist (Tab. 2, 3c). Die Gesellschaft der Nordkette kann sehr gut mit den von SAITNER &

PFADENHAUER (1992) beschriebenen Beständen verglichen werden. Die von THIMM (1953), LIPPERT (1966) und SMETTAN (1981) untersuchten Bestände unterscheiden sich von den Gesellschaften der Nordkette durch das höchste Auftreten von *Minuartia austriaca*.

4.3.3. *Thlaspietum rotundifolii* Jenny-Lips 1930

Nord-, ost- und westexponierte Schutthalden des tonarmen Wettersteinkalkes mit deutlich ausgeprägter Schuttdynamik bilden die bevorzugten Standorte dieser Gesellschaft. Grobblockschutthalden mit nur äußerst geringem Feinschuttanteil und ohne oberflächlicher Feinerde werden nur von *Thlaspi rotundifolium* besiedelt. Untersuchungen von BAHN (1996) zeigten, daß *Thlaspi rotundifolium* an Standorten mit starker Schuttdynamik eine besonders große Triebanzahl und sehr lange Triebabschnitte aufweist, während auf Standorten mit geringer Schuttdynamik wenige Triebe mit kurzen Triebabschnitten pro Individuum beobachtet werden können. Bei zunehmendem Feinerdeanteil können auch *Pritzelago alpina* und *Moehringia ciliata* vorkommen (Tab. 2, 2b). Auf spät ausapernden, nordexponierten, feinerdereichen und verfestigten Feinschuttflächen treten *Saxifraga stellaris*, *Arabis alpina*, *Arabis pumila* und *Festuca alpina* zur Artengarnitur (Tab. 2, 2a). Das *Thlaspietum rotundifolii* steht in gutem Einklang mit der von EGGENSBERGER (1994) für die Ostalpen zusammengefaßten Darstellung der Gesellschaft.

4.4. Schneebodenvegetation

4.4.1. *Arabidetum caeruleae* BR.-BL. 1918

In Dolinen, Mulden und nordexponierten Wandfußlagen, die erst im Juli bis August ausapern, treten typische Schneebodenarten wie *Ranunculus alpestris*, *Saxifraga androsacea*, *Saxifraga aphylla* und *Saxifraga stellaris* auf (Tab. 2, 1). Die Gesellschaft zeigt große Ähnlichkeit mit den aus den Nördlichen Kalkalpen bekannten Schneeböden (LIPPERT 1966, SAITNER & PFADENAUER 1992, EGGENSBERGER 1994, GUMPELMAYER 1967). Allerdings fehlt *Arabis caerulea* auf der Nordkette, ähnlich wie bei THIMM (1953) und SMETTAN (1981).

4.5. Felsspaltenvegetation

4.5.1. *Potentillion caulescentis* Br.-Bl. in Br.-Bl. et Jenny 1926

Sobald sich in Felsspalten Feinerdematerial ansammeln kann, können sich in der alpinen Stufe *Potentilla caulescens*, *Carex firma*, *Saxifraga paniculata*, *Primula auricula* ansiedeln. Kleinere Felsterrassen geben *Kernera saxatilis*, *Saxifraga caesia*, *Campanula cochlearifolia*, *Valeriana saxatilis*, *Biscutella laevigata* die Möglichkeit zur Etablierung. Je nach Exposition und Höhenlage können sich hier bereits Arten des Seslerio-Caricetum sempervirentis oder des Caricetum firmiae einfinden.

4.6. Anthropo-zoogene Vegetation

4.6.1. *Deschampsia cespitosae* – *Poetum alpinae* Heiselmayer 1982 in Ellmauer et Mucina 1993 (Tab. 4)

Leichte Verebnungen und Muldenlagen stellen für Schafe beliebte Lagerplätze dar. Massiver Nährstoffeintrag, mittelgründiger Boden und ausgeglichene Feuchtigkeitsverhältnisse sorgen für die üppige Entwicklung der Vegetation, die sich vor allem aus *Poa alpina*, *Alchemilla vulgaris* agg., *Deschampsia cespitosa* und *Crepis aurea* zusammensetzt. Stellenweise können *Cirsium spinosissimum* und *Chenopodium bonus-henricus* hinzutreten.

Tab. 4: Stetigkeitstabelle des *Deschampsia cespitosae* – *Poetum alpinae*, erstellt anhand von Aufnahmen von MAYR (1995). Stetigkeit in %.

Aufnahmezahl	5	Fortsetzung	
<i>Poa alpina</i>	100	<i>Gentiana verna</i>	50
<i>Alchemilla vulgaris</i> agg.	100	<i>Festuca pumila</i>	50
<i>Crepis aurea</i>	100	<i>Leontodon hispidus</i>	50
<i>Taraxacum officinale</i> agg.	100	<i>Myosotis alpestris</i>	50
<i>Veronica alpina</i>	100	<i>Veronica chamaedrys</i>	50
<i>Campanula scheuchzeri</i>	100	<i>Urtica dioica</i>	25
<i>Ranunculus montanus</i>	100	<i>Nardus stricta</i>	25
<i>Minuartia gerardii</i>	100	<i>Trifolium pratense</i>	25
<i>Potentilla aurea</i>	75	<i>Carex firma</i>	25
<i>Carduus defloratus</i>	75	<i>Salix retusa</i>	25
<i>Persicaria vivipara</i>	75	<i>Hippocrepis comosa</i>	25
<i>Euphrasia minima</i>	75	<i>Saxifraga moschata</i>	25
<i>Thymus praecox</i>	75	<i>Draba aizoides</i>	25
<i>Galium anisophyllum</i>	75	<i>Briza media</i>	25
<i>Alchemilla alpina</i>	50	<i>Globularia cordifolia</i>	25
<i>Cirsium spinosissimum</i>	50	<i>Scabiosa lucida</i>	25
<i>Deschampsia cespitosa</i>	50	<i>Phyteuma orbiculare</i>	25
<i>Sibbaldia procumbens</i>	50	<i>Dryas octopetala</i>	25
<i>Gnaphalium hoppeanum</i>	50	<i>Agrostis alpina</i>	25
<i>Potentilla brauneana</i>	50	<i>Selaginella selaginoides</i>	25
<i>Veronica aphylla</i>	50	<i>Carex sempervirens</i>	25
<i>Viola biflora</i>	50	<i>Aster bellidiastrum</i>	25
<i>Homogyne alpina</i>	50	<i>Gentianella anisodonta</i>	25
<i>Phleum alpinum</i> agg.	50	<i>Anthyllis vulneraria</i>	25
<i>Trifolium thalli</i>	50	<i>Campanula cochlearifolia</i>	25
<i>Acinos alpinos</i>	50	<i>Arabis soyeri</i>	25
<i>Lotus corniculatus</i>	50	<i>Festuca norica</i>	25
<i>Silene acaulis</i>	50	<i>Soldanella alpina</i>	25

5. Exkursionsroute

Der schmale Pfad von der Seegrube (1905 m) führt leicht ansteigend hangparallel über südexponierte Schuttvegetation, Blaugras - Horstseggenrasen vom Pionierstadium bis zur nährstoffreichen Ausbildung am Gleirschsattel. Von hier führt der Hans Buhl - Weg südlich der Gleirschspitze immer in gleicher Höhe (2290 m) bleibend zur Mandlspitze (2366 m). Auf den Südhängen können offene, schuttreiche Seslerio - Caricetum sempervirentis Rasen, die Übergänge zum Caricetum firmae zeigen, beobachtet werden. Auf der Mandlspitze, dem höchsten Punkt der Exkursion ist ein ausgedehntes Caricetum firmae ausgebildet, das in windausgesetzten Kantenlagen zusehends von *Kobresia myosuroides* durchsetzt wird. Der Rückweg zur Bergstation Hafelekar erfolgt über den Hans Buhl - Weg. Ein ausgiebiger Halt am Gleirschsattel gibt die Möglichkeit im Karboden Schneebodenvegetation und nordexponierte Schutthalden zu erkunden und auf dem Nordwestabhang der Gleirschspitze ein dichtes Caricetum firmae mit *Loiseleuria procumbens* zu untersuchen. Entlang des Hans-Buhl-Weges kann an den Hanganrissen schöne Felspaltenvegetation bewundert werden. Ein kurzer Abstecher auf die Hafelekar Spitze belohnt bei Schönwetter noch einmal mit einem eindrucksvollen Panoramablick auf die nördlich gelegene Gleirsch-Halltalkette und im Süden auf den Patscherkofel (2246 m), weiter im Osten den Glungezer (2678 m), im Süden bei guter Sicht den Olperer (3476 m) und den Alpenhauptkamm. Westlich des Inntales sind die Serles (2718 m), der Habicht (3277 m) und die Kalkkögel zu sehen.

Folgende Haltepunkte sind geplant:

5.1. Schutthalden der Seegrube

Das Kar der Seegrube ist abgesehen von der Seilbahnstation und den Erdbewegungen, die im Zuge der Schipistenplanierung unternommen wurden, von südexponierten steilen Schutthalden dominiert. Je nach Schuttdynamik weisen sie unterschiedlich starken Bewuchs auf, der dem Athamanto - Trisetetum distichophylli zugeordnet werden kann. Zum östlichen Rand des Kares hin erfolgt eine Verzahnung mit dem Seslerio-Caricetum sempervirentis und kleineren Latschengruppen. In bereits zur Ruhe gekommenen Schutthaldenabschnitten erfolgt die Einwanderung von Rasenelementen. Auf wenig bewegten Abschnitten kann *Adenostyles glabra* dominant werden, zudem können sich auch *Asplenium viride* und *Cystopteris regia* dazu gesellen. Stellenweise kommen Gebüsche von *Salix glabra* und *Salix waldsteiniana* auf. Die unteren Hangebereiche sind von höhenlinienparallelen Pfaden zerschnitten und werden auch beweidet.

Arten der Schutthalden:

Achillea atrata

Adenostyles glabra

Arabis alpina

Athamanta cretensis

Campanula cochleariifolia

Linaria alpina

Minuartia austriaca

Moehringia ciliata

Rumex scutatus

Salix glabra

Salix waldsteiniana

Silene vulgaris ssp. *glareosa*

Trisetum distichophyllum

Valeriana montana

Arten, die aus den Rasen einwandern können:

<i>Acinos alpinus</i>	<i>Leontodon hispidus</i>
<i>Anthyllis vulneraria</i>	<i>Linum catharticum</i>
<i>Aster alpinus</i>	<i>Lotus corniculatus</i>
<i>Biscutella laevigata</i>	<i>Minuartia gerardii</i>
<i>Carduus defloratus</i>	<i>Myosotis alpestris</i>
<i>Carex sempervirens</i>	<i>Pedicularis rostratocapitata</i>
<i>Euphrasia salisburgensis</i>	<i>Phyteuma orbiculare</i>
<i>Festuca pumila</i>	<i>Scabiosa lucida</i>
<i>Globularia cordifolia</i>	<i>Sedum atratum</i>
<i>Helianthemum alpestre</i>	<i>Senecio doronicum</i>
<i>Hieracium bifidum</i>	<i>Sesleria albicans</i>

Arten auf stärker beweideten Abschnitten:

<i>Cerastium holosteoides</i>	<i>Taraxacum officinale</i> agg.
<i>Cirsium spinosissimum</i>	<i>Urtica dioica</i>
<i>Deschampsia cespitosa</i>	<i>Veronica chamaedrys</i>

5.2. Seslerio-Caricetum sempervirentis der tieferen Lagen

Oberhalb des Weges von der Seegrube zum Gleirschsattel ist in südsüdostexponierter, ca. 35° geneigter Hanglage in ca. 2050 m NN über flach bis mittelgründiger Rendzina ein Seslerio-Caricetum sempervirentis mit typischer Stufenstruktur ausgebildet. *Sesleria albicans*, *Carex sempervirens* bilden die Stufenstirn. Im Schutz der Horstgräser wachsen *Erica carnea*, *Daphne striata* und *Polygala chamaebuxus*. Auf den Absätzen gedeihen Arten wie zum Beispiel *Euphrasia salisburgensis*, *Persicaria vivipara* und *Gentiana anisodonta*. Diese Bestände weisen im Schnitt 35 Arten pro 25m² Aufnahmefläche auf und erreichen eine Gesamtdeckung von 90–95%.

Typische Arten:

<i>Acinos alpinus</i>	<i>Gentiana brachyphylla</i>
<i>Agrostis alpina</i>	<i>Gentiana clusii</i>
<i>Anthyllis vulneraria</i>	<i>Gentiana verna</i>
<i>Aster bellidiastrum</i>	<i>Globularia cordifolia</i>
<i>Bartsia alpina</i>	<i>Globularia nudicaulis</i>
<i>Biscutella laevigata</i>	<i>Helianthemum alpestre</i>
<i>Campanula scheuchzeri</i>	<i>Helianthemum grandiflorum</i>
<i>Carduus defloratus</i>	<i>Hieracium bifidum</i>
<i>Carex ormithopoda</i>	<i>Hieracium pilosella</i>
<i>Carex sempervirens</i>	<i>Hippocrepis comosa</i>
<i>Carlina acaulis</i>	<i>Homogyne alpina</i>
<i>Daphne striata</i>	<i>Linum catharticum</i>
<i>Dryas octopetala</i>	<i>Lotus corniculatus</i>
<i>Erica carnea</i>	<i>Pedicularis rostratocapitata</i>
<i>Euphrasia salisburgensis</i>	<i>Persicaria vivipara</i>
<i>Festuca pumila</i>	<i>Phyteuma orbiculare</i>
<i>Galium anisophyllum</i>	<i>Polygala chamaebuxus</i>
<i>Gentianella anisodonta</i>	<i>Potentilla aurea</i>

Potentilla erecta
Primula auricula
Primula farinosa
Rhododendron hirsutum
Saxifraga paniculata
Scabiosa lucida

Selaginella selaginoides
Senecio doronicus
Sesleria albicans
Soldanella alpina
Thymus praecox

5. 3. Lägerflur

In 2100 m Meereshöhe ist unterhalb des Weges von der Seegrube zum Gleirschsattel auf einem mäßig geneigten, südsüdostexponierten Hangabschnitt in leichter Muldenlage eine *Alchemilla alpina* - Flur auf skelettreicher Rendzina ausgebildet.

Typische Arten:

Alchemilla alpina
Alchemilla vulgaris
Acinos alpina
Aster bellidiastrum
Campanula scheuchzeri
Carduus defloratus agg.
Cirsium spinosissimum
Crepis aurea
Deschampsia cespitosa
Galium anisophyllum
Gentiana brachyphylla
Gentiana clusii
Gnaphalium hoppeanum
Homogyne alpina

Leontodon hispidus
Myosotis alpestris
Pericaria vivipara
Poa alpina
Potentilla brauneana
Saxifraga aizoides
Saxifraga paniculata
Selaginella selaginoides
Sesleria albicans
Silene acaulis
Soldanella alpina
Thymus praecox
Trifolium pratense
Viola biflora

5.4. Pionierrasen des Seslerio - Caricetum sempervirentis

über skelettreicher, flachgründiger Rendzina auf südsüdostexponierter Rippe in ungefähr 2100 m oberhalb des Weges von der Seegrube zum Gleirschsattel.

Typische Arten:

Acinus alpinus
Anthyllis vulneraria
Arenaria ciliata
Campanula scheuchzeri
Carex firma
Carex sempervirens
Comastoma tenellum (= *Gentianella tenella*)
Daphne striata
Dryas octopetala
Festuca pumila
Galium anisophyllum
Gentianella germanica
Globularia cordifolia

Helianthemum alpestre
Minuartia gerardii
Myosotis alpestris
Poa alpina
Primula auricula
Saxifraga caesia
Saxifraga paniculata
Sedum atratum
Sesleria albicans
Silene acaulis
Thymus praecox
Veronica aphylla

5.5. Seslerio-Caricetum sempervirentis der Hochlagen

Unterhalb der Gleirschspitze auf steiler südexponierter Hanglage sind Rasen entwickelt, die eine Übergangstellung zwischen dem Caricetum firmae und dem Seslerio-Caricetum sempervirentis einnehmen. Zahlreiche Arten, wie zum Beispiel *Erica carnea*, *Polygala chamaebuxus*, *Scabiosa lucida*, *Phyteuma orbiculare*, legen eine Zuordnung zum Seslerio-Caricetum sempervirentis nahe. Die Bestände haben sich auf Schuttböden entwickelt. Die Rasen sind lückig und offene Schuttflächen vermitteln einen gewissen Pioniercharakter.

Typische Arten:

<i>Agrostis alpina</i>	<i>Helianthemum alpestre</i>
<i>Anthyllis vulneraria</i>	<i>Pedicularis rostratocapitata</i>
<i>Aster alpinus</i>	<i>Persicaria vivipara</i>
<i>Aster bellidiastrum</i>	<i>Phyteuma orbiculare</i>
<i>Campanula cochlearifolia</i>	<i>Polygala chamaebuxus</i>
<i>Campanula scheuchzeri</i>	<i>Ranunculus montanus</i>
<i>Carex firma</i>	<i>Rhododendron hirsutum</i>
<i>Carex sempervirens</i>	<i>Saxifraga caesia</i>
<i>Daphne striata</i>	<i>Saxifraga paniculata</i>
<i>Erica carnea</i>	<i>Scabiosa lucida</i>
<i>Euphrasia minima</i>	<i>Selaginella selaginoides</i>
<i>Festuca pumila</i>	<i>Sesleria albicans</i>
<i>Gentiana clusii</i>	<i>Silene acaulis</i>
<i>Gentiana verna</i>	<i>Thymus praecox</i>
<i>Gentianella anisodonta</i>	

5.6. Caricetum firmae mit Kobresia myosuroides

am Nordwestabhang der Mandlspitze: Dieser Rasen hat sich in windexponierter Lage zu einem dichten Teppich über mittelgründiger Rendzina mit Verbraunungstendenzen entwickelt. *Carex firma* und *Dryas octopetala* dominieren in den Rasen. Als Besonderheiten sind *Oxytropis campestris* ssp. *tirolensis* mit weißlich bis trüb bläulichlila Krone und *Chamorchis alpina* hervorzuheben. *Kobresia myosuroides*, *Saxifraga caesia*, *Helianthemum alpestris* und *Festuca pumila* wagen sich auch an windexponierte Kantenlagen vor.

Typische Arten:

<i>Agrostis alpina</i>	<i>Helianthemum alpestre</i>
<i>Aster alpinus</i>	<i>Persicaria vivipara</i>
<i>Bartsia alpina</i>	<i>Pinguicula alpina</i>
<i>Campanula scheuchzeri</i>	<i>Poa alpina</i>
<i>Campanula cochlearifolia</i>	<i>Potentilla brauneana</i>
<i>Carex firma</i>	<i>Primula auricula</i>
<i>Chamorchis alpina</i>	<i>Primula farinosa</i>
<i>Crepis terglouensis</i>	<i>Ranunculus alpestris</i>
<i>Dryas octopetala</i>	<i>Salix serpillifolia</i>
<i>Euphrasia minima</i>	<i>Saxifraga caesia</i>
<i>Festuca pumila</i>	<i>Saxifraga oppositifolia</i>
<i>Gentiana nivalis</i>	<i>Selaginella selaginoides</i>
<i>Gentiana verna</i>	<i>Sesleria albicans</i>
<i>Gnaphalium hoppeanum</i>	<i>Silene acaulis</i>

5.7. Caricetum firmae mit *Loiseleuria procumbens*

Die Nordwestabhänge der Gleirschspitze werden von einem dichten Caricetum firmae überzogen. In Hangverebnungen und leichten Muldenlagen tritt bei fortgeschrittener Bodenbildung *Loiseleuria procumbens* auf. Diese Standorte genießen im Winter Schneeschutz. Der Boden weist nur mehr einen pH-Wert um 5,5 auf.

Typische Arten:

<i>Agrostis alpina</i>	<i>Persicaria vivipara</i>
<i>Bartsia alpina</i>	<i>Pinguicula alpina</i>
<i>Campanula scheuchzeri</i>	<i>Poa alpina</i>
<i>Carex firma</i>	<i>Potentilla brauneana</i>
<i>Chamorchis alpina</i>	<i>Primula auricula</i>
<i>Crepis jacquinii</i>	<i>Primula farinosa</i>
<i>Crepis terglouensis</i>	<i>Primula minima</i>
<i>Dryas octopetala</i>	<i>Ranunculus alpestris</i>
<i>Euphrasia minima</i>	<i>Salix retusa</i>
<i>Festuca pumila</i>	<i>Salix serpillifolia</i>
<i>Gentiana clusii</i>	<i>Saxifraga caesia</i>
<i>Gentiana nivalis</i>	<i>Saxifraga oppositifolia</i>
<i>Gentiana verna</i>	<i>Selaginella selaginoides</i>
<i>Gnaphalium hoppeanum</i>	<i>Sesleria albicans</i>
<i>Helianthemum alpestre</i>	<i>Silene acaulis</i>
<i>Homogyne alpina</i>	<i>Vaccinium gaultherioides</i>
<i>Loiseleuria procumbens</i>	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>
<i>Minuartia sedoides</i>	<i>Coeloglossum viride</i>

5.8. Schneeboden und Dolinenvegetation

unterhalb des Gleirschsattels: Der Karboden und die Unterhanglagen der Nordwestabhänge der Gleirschspitze apert relativ spät, meist erst Anfang Juli aus, sodaß zu den Arten des Caricetum firmae zunehmend Schneebodenarten hinzutreten und sie je nach Schneedeckenandauer ersetzen. In den Dolinen sind typische Schneeböden ausgebildet, in denen Arten wie *Ranunculus alpestris*, *Saxifraga androsacea* und *Sibbaldia procumbens* anzutreffen sind, nur *Arabis caerulea* die Charakterart des Arabidetum caeruleae, fehlt.

Artenverteilung innerhalb einer Doline:

Dolinenboden:

<i>Poa alpina</i>	<i>Ranunculus montanus</i>
<i>Pritzelago alpina</i> ssp. <i>alpina</i>	<i>Saxifraga androsacea</i>
<i>Ranunculus alpestris</i>	<i>Soldanella minima</i>
	<i>Carex firma</i>

Dolinenhang:

<i>Dryas octopetala</i>	<i>Primula minima</i>
<i>Polygonum viviparum</i>	<i>Pritzelago alpina</i> ssp. <i>alpina</i>
<i>Potentilla brauneana</i>	<i>Sesleria albicans</i>
	<i>Silene acaulis</i>

Schneebodenvegetation: nordwestexponierter, steiler Unterhangbereich der Gleirschspitze:

Typische Arten:

<i>Agrostis alpina</i>	<i>Pericaria vivipara</i>
<i>Campanula scheuchzeri</i>	<i>Poa alpina</i>
<i>Carex parviflora</i>	<i>Potentilla brauneana</i>
<i>Euphrasia minima</i>	<i>Ranunculus alpestris</i>
<i>Festuca pumila</i>	<i>Salix herbacea</i>
<i>Gentiana bavarica</i>	<i>Salix retusa</i>
<i>Gentiana brachyphylla</i>	<i>Saxifraga androsacea</i>
<i>Gnaphalium hoppeanum</i>	<i>Sibbaldia procumbens</i>
<i>Homogyne alpina</i>	<i>Soldanella alpina</i>

5.9. Thlaspietum rotundifolii

Die nordostexponierten Hänge unterhalb des Gleirschsattels werden von relativ spät ausapernden Schutthalden geprägt. Die bewegtesten Abschnitte werden nur von *Thlaspi rotundifolium* bewachsen. Je nach Festigung und Feinerdreichum der Schutthalde können Arten der Rasen hinzutreten. Im Auslauf der Schutthalden kann sich Blockschutt ansammeln und sorgt für geschützte Lagen, die aufgrund ihrer Exposition auch spät ausapern und so von Schneebodenarten besiedelt werden können.

Typische Arten:

<i>Arabis alpina</i>	<i>Poa minor</i>
<i>Arabis pumila</i>	<i>Pritzelago alpina</i> ssp. <i>alpina</i>
<i>Festuca alpina</i>	<i>Saxifraga stellaris</i>
<i>Moehringia ciliata</i>	<i>Thlaspi rotundifolium</i>

Literatur

- AMPFERER, O. & HAMMER, W. (1898): Geologische Beschreibung des südlichen Theiles des Karwendelgebirges. JB. D. k.k. geolog. Reichsanstalt, Wien, 2.Aufl. 48: 289- 347.
- BAHN, S. (1996): Die Vegetation alpiner Schutthalden an der Innsbrucker Nordkette unter Berücksichtigung morphologischer Anpassungen der Charakterart *Thlaspi rotundifolium*. Diplomarbeit, Univ. Innsbruck.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1918): Eine pflanzengeographische Exkursion durchs Unterengadin und in den schweizerischen Nationalpark. Beih. Geobot. Landesaufn. Schweiz, 4: 1-71.
- BRAUN-BLANQUET, J. & JENNY, J. (1926): Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen. Denkschr. Schweiz. Naturforsch. Ges., Zürich 63: 183-349.
- BRAUN-BLANQUET, J., SISSINGH, G. & VLIEGER, J. (1939): Klasse der Vaccinio-Piceetea (Nadelholz- und Vaccinienheiden – Verbände der eurosibirisch-nordamerikanischen Region). Mari-Lavit, Montpellier.

- DALLA TORRE, K.W. & SARNTHEIN, L. (1906-1913): Flora von Tirol, Vorarlberg und Liechtenstein. Innsbruck 4 (6/1-6/4).
- DÜRING, CH. & WIERER, U. (1995): Die subalpine und alpine Vegetation der Soierngruppe im Naturschutzgebiet Karwendelgebirge. Hoppea. Denkschr. Regensb. Bot. Ges. 56: 343-453.
- EGGENSBERGER, P. (1994): Die Pflanzengesellschaften der subalpinen und alpinen Stufe der Ammergauer Alpen und ihre Stellung in den Ostalpen. Ber. Bayer. Bot. Ges. 8: 1-239.
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 5. Aufl., Ulmer, Stuttgart.
- ELLMAUER, L. & MUCINA, L. (1993): Molinio-Arrhenatheretea. In: MUCINA, L., GRABHERR, G. & ELLMAUER, T. (Hrsg.), Die Pflanzengesellschaften Österreichs Teil I. Fischer, Jena, Stuttgart, New York: 297-385.
- ERSCHBAMER, B. (1989): Vegetation on avalanche paths in the Alps. Vegetatio 80: 139-146.
- FLIRI, F. (1975): Das Klima der Alpen im Raum von Tirol. Monographie zur Landeskunde Tirols 1. Wagner, Innsbruck.
- GRABHERR, W. (1936): Die Dynamik der Brandflächenvegetation des Karwendels. Beih. Bot. Centralbl. 55/Abt. B: 1-94.
- GRABNER, S. (1995): Die Pflanzengesellschaften des Warschenecks oberhalb der Waldgrenze und ihre Stellung in den Nördlichen Kalkalpen. Dissertation, Univ. Salzburg.
- GRABNER, S. (1997): Seslerio-Caricetum sempervirentis and Caricetum ferrugineae in the Northern Calcareous Alps. Folia Geobot. Phytotax. 32: 297-311.
- GREIMLER, J. (1991): Pflanzengesellschaften und Vegetationsstruktur in den südlichen Gesäusebergen (nordöstl. Kalkalpen, Steiermark). Dissertation, Univ. Wien.
- HAUSMANN, F. (1851-1854): Flora von Tirol. Ein Verzeichnis der in Tirol und Vorarlberg wildwachsenden und häufiger gebauten Gefäßpflanzen 1-3. Wagner, Innsbruck.
- HEUBERGER, H. (1975): Innsbrucker Nordkette. Forstprobleme und Lawinenschutz, Trinkwasserversorgung, Höttinger Breccie. In: FLIRI, F. & LEIDLMAIR, A. (Hrsg.): Tirol. Ein Exkursionsführer. Innsbrucker Geographische Studien 2: 43-67.
- HUBER-SANNWALD, E., PROCK, S. & BORTENSCHLAGER, S. (1990): Biotopinventar von Innsbruck. Magistrat Innsbruck.
- KAINMÜLLER, CH. (1974): Die Temperaturresistenz von Hochgebirgspflanzen. Dissertation, Univ. Innsbruck.
- KLEBELSBERGER, R. (1935): Geologie von Tirol. Berlin.
- KÜNG, G. (1980): Die aktuelle Vegetation des Brandnertales. Dissertation, Univ. Innsbruck.

- HAUPT, W. (1981): Die Vegetation der östlichen Lechtaler Alpen. Dissertation, Universität Innsbruck.
- HERTER, W. (1990): Die Pflanzengesellschaften des Hintersteiner Tales. Diss. Bot. 147.
- HINTNER, A. (1996): Blütenbiologie, Embryonalentwicklung und in vitro Kultur von Gebirgsorchideen. Dissertation, Univ. Innsbruck.
- JENNY-LIPS, H. (1930): Vegetationsbedingungen und Pflanzengesellschaften auf Felsschutt. Beih. zum Botanischen Centralblatt, 46, Abt. 2, Hft 2/3.
- LARCHER, W. & WAGNER, J. (1976): Temperaturgrenzen der CO₂-Aufnahme und Temperaturreistenz der Blätter von Gebirgspflanzen im vegetationsaktiven Zustand. Oecol. Plant. 11: 361-374.
- LIPPERT, W. (1966): Die Pflanzengesellschaften des Naturschutzgebietes Berchtesgaden. Ber. Bayer. Bot. Ges. 39: 67-122.
- LÜDI, W. (1921): Die Pflanzengesellschaften des Lauterbrunnentales und ihre Sukzession. Beitr. Geobot. Landesaufn. 9: 1-364.
- MAYR, R. (1995): Die alpinen Rasen auf der Nordkette. Diplomarbeit, Univ. Innsbruck.
- MEUSEL, H., JÄGER, E., RAUSCHERT, S. & WEINERT, E. (1978): Vergleichende Chorologie der Zentraleuropäischen Flora. Fischer, Jena.
- MURR J. (1923): Die alte Buchenzone der Innsbrucker Nordkette und ihre Begleiter. Tiroler Anzeiger 220.
- (1927): Pflanzenleben am Höttinger Berg. Tiroler Anzeiger 120.
 - (1927): Drei blumenreiche Bergmähder der Innsbrucker Nordkette. Tiroler Anzeiger 182.
 - (1927): Auf der Seegrube. Tiroler Anzeiger 221.
 - (1929): Eine arktische Oase am Hafelekar. Tiroler Anzeiger 167.
- OBERDORFER, E. (1950): Beitrag zur Vegetationskunde des Allgäu. Beitr. Naturk. Forsch. Südwestdeutschland 9: 29-98.
- OBERDORFER, E. (1990): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 7. Aufl., Ulmer.
- PATTIS, M. (1992): Phänologische Beobachtungen in kalkalpinen Rasen an der Nordkette bei Innsbruck mit Berücksichtigung der pathogenen Pilze. Diplomarbeit, Univ. Innsbruck.
- PASCHINGER, H. (1950): Morphologische Ergebnisse einer Analyse der Höttinger Breccie bei Innsbruck. Schlern – Schriften 75.
- PIGNATTI – WIKUS, E. (1959): Pflanzensoziologische Studien im Dachsteingebiet. Boll. Soc. Adriat. Sci. Nat. Trieste 50: 85-168.

- PISEK, A. & CARTELLIERI, E. (1931): Zur Kenntnis des Wasserhaushaltes der Pflanzen. I. Sonnenpflanzen. Jb. Wiss. Bot. 75: 195-251.
- PISEK, A. & CARTELLIERI, E. (1933): Zur Kenntnis des Wasserhaushaltes der Pflanzen. III. Alpine Zwergsträucher. JB. Wiss. Bot. 79: 131-190.
- PISEK, A. & CARTELLIERI, E. (1941): Der Wasserverbrauch einiger Pflanzenvereine. Jb. Wiss. Bot. 90: 255-291.
- PITSCHMANN, H., REISIGL, H., SCHIECHTL, H. & STERN, R. (1970): Karte der Aktuellen Vegetation von Tirol 1/100 000, 1. Teil: Blatt 6, Innsbruck - Stubai Alpen. Extrait de Documents pour la Carte de la Végétation des Alpes 8: 7- 34.
- PROCK, S. (1989): Phänologie, Wachstumsrhythmik und Reservestoffspeicherung von fünf Charakterpflanzen eines kalkalpinen Rasens in der Nordkette bei Innsbruck in Tirol. Diplomarbeit, Univ. Innsbruck.
- RAINER, K. (1995): Regenerationsverhalten ausgewählter alpiner Rasenarten an der Innsbrucker Nordkette. Diplomarbeit, Univ. Innsbruck.
- RÖSLER, S. (1997): Die Rasengesellschaften der Klasse Seslerietea in den Bayerischen Alpen und ihre Verzahnung mit dem Carlino-Caricetum sempervirentis (Klasse Festuco-Brometea). Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges. 58: 5-215.
- RÜBEL, E. (1911): Pflanzengeographische Monographie des Berninagebietes. Bot. Jahrb. 47, Leipzig.
- SAITNER, A. & PFADENAUER, J. (1992): Die Vegetation im Bereich des Dammkars bei Mittenwald und ihre Beeinflussung durch den Tourismus. Jb. Verein Schutz Bergwelt 57: 11 - 91.
- STURM A. (1990): Höhenzentrierung und Phänologie subalpiner und alpiner Pflanzen am Beispiel der Innsbrucker Nordkette. Diplomarbeit, Univ. Innsbruck.
- THIMM, I. (1953): Die Vegetation des Sonnwendgebirges (Rofan) in Tirol (subalpine und alpine Stufe). Schlern-Schriften 118.
- URBAN, R. (1991): Die Pflanzengesellschaften des Klammspitzkammes im NSG Ammergebirge. Ber. Bayer. Bot. Ges., Beih. 3: 1-75.
- WALTER, H. & LIETH, H. (1964): Klimadiagramm – Weltatlas. Jena.
- WAGNER, J. & TENGG, G. (1993): Phänoembryologie der Hochgebirgspflanzen *Saxifraga oppositifolia* und *Cerastium uniflorum*. Flora 188: 203-212.
- WAGNER, J. & REICHEGGER, B. (1997): Phenology and seed development of the alpine sedges *Carex curvula* and *Carex firma* in response to contrasting topoclimates. Arctic and Alpine Research 29/3: 291-299.
- WEBER, J. (1981): Die Vegetation der Mieminger Kette mit besonderer Berücksichtigung der Rotföhrenwälder. Dissertation, Univ. Innsbruck.

ZÖTTL, H. 1951: Die Vegetationsentwicklung auf Felsschutt in der alpinen und subalpinen Stufe des Wettersteingebirges. JB. d. Ver. z. Schutze d. Alpenpflanzen u. -tiere 16: 10-74.

Karte:

ÖK 118 (BMN2703) Innsbruck, Österreichische Karte 1:50.000, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, 1080 Wien, Krotenthallergasse 3.

Vegetation der subalpinen und unteren alpinen Stufe auf Silikat

Exkursionsgebiet Patscherkofel

Konrad Pagitz

Institut für Botanik, Universität Innsbruck, Sternwartestr. 15, A-6020 Innsbruck

1. Allgemeines zum Exkursionsgebiet

Der im Süden von Innsbruck gelegene Patscherkofel stellt den westlichsten Vorposten der Tuxer Voralpen dar, die Teil der Nordtiroler Zentralalpen sind. Eines der auffallendsten Merkmale des 2246 Meter hohen Innsbrucker Hausberges ist der durch eiszeitlichen Gletscherschliff abgerundete Gipfelbereich. Der etwas weiter östlich gelegene Glungezer ragte aus der eiszeitlichen Eisedecke, die das Inntal bedeckte, heraus, was sich auch in dem wesentlich schrofferen Gipfel zeigt. Die (fast) vollständige Vergletscherung des Patscherkofels ist auch mit ein Grund für die relative Armut an alpinen Sippen im Vergleich zu den höheren Gipfeln der Umgebung (GAMS 1937). GRUBER (1993) gibt für den Bereich der Gipfelkuppe (2200 m NN bis zum Gipfel) insgesamt 115 Arten höherer Pflanzen an, 70 davon bezeichnet sie als Elemente der alpinen Stufe, die kaum tiefer hinab reichen.

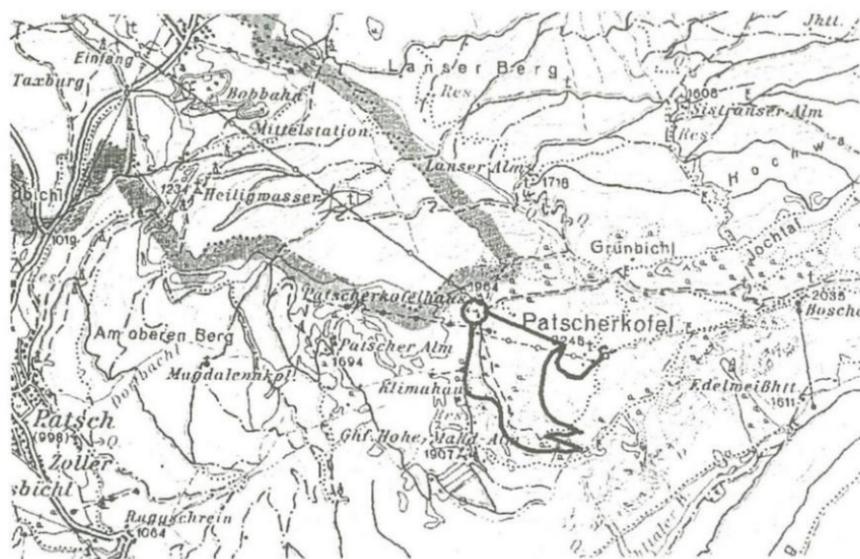


Abb. 1 Exkursionsroute auf dem Patscherkofel: nach der Österreichischen Karte 1:50 000 (ÖKS0-West) Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen.

1.1. Geologie und Boden

Der geologische Aufbau des Bergstockes des Patscherkofels zeigt sich ziemlich einheitlich. Die überwiegende Masse besteht aus einem sehr kalkarmen Quarzphyllit, lokal mit Einschlüssen basischer Gesteine (Kalk, Dolomit). Abweichend ist der Gipfelbereich, der aus Gneisen und Glimmerschiefer aufgebaut ist, die noch Teil des weiter westlich anschließenden Ötztal-Kristallins sind (KLEBELSBERG 1935).

Die vorherrschenden Bodentypen im hochmontanen und subalpinen Wald sind saure bis podsolige Braunerden. Über der Waldgrenze im Bereich der Gipfelkuppe liegen stark saure Braunerden sowie Eisenhumuspodsole vor.

1.2. Klima

Der Patscherkofel liegt großklimatisch in der Randzone eines inneralpin-kontinental getönten Klimatyps (WALTER & LIETH 1964), der sich durch ausreichende Niederschläge und mäßige Temperaturen auszeichnet. Die Hauptmenge der Niederschläge fällt im Sommer (Abb. 2). Dabei ist zu beachten, daß die kleinklimatischen Verhältnisse höhenlagen- und reliefbedingt erheblich schwanken können. Einen weiteren wesentlichen Faktor stellt der Südfohn dar, der vor allem oberhalb der Waldgrenze sehr großen Einfluß auf die Vegetation ausübt. Die mittleren Windgeschwindigkeiten für den Gipfelbereich für die Jahre 1970-1975 betragen zwischen 3,9 m/s (August) und 6,9 m/s (Jänner). Auch die Zahl der Sturmtage mit Windgeschwindigkeiten von 10 m/s und mehr ist im Winter am höchsten (Jänner 12,5 d) und im Sommer am geringsten (Juli 3,7 d). Die Gesamtanzahl der Tage mit Sturm beträgt für diesen Zeitraum 97,2 Tage (LARCHER 1977).

Der Patscherkofel ist ein ausgesprochener Föhnberg (Südfohn) mit durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten von 4 - 5 m/s. Starkwinde mit 15 - 20 (30) m/s treten regelmäßig auf (CERNUSCA 1976). Am stärksten föhnbeeinflusst sind dabei Süd- und Westseite. Der Föhn wirkt sich nachhaltig auf die Schneelage und Schnee Verteilung aus, und zeichnet praktisch die Geländekonturen nach. Exponierte Lagen werden abgeblasen und sind oft auch während der Wintermonate schneefrei, während leeseitig der Schnee liegen bleibt, bzw. angehäuft wird. Zudem stellt der Föhn neben seinen mechanischen Auswirkungen, auch noch aufgrund seiner Lufttrockenheit einen weiteren Streßfaktor für die Vegetation dar (CERNUSCA 1976).

Patscherkofel 1951 - 1960

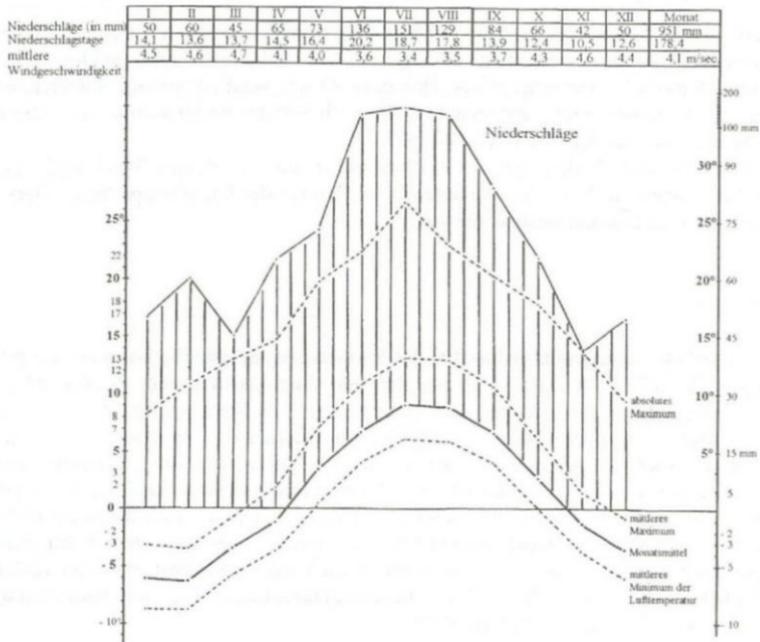


Abb. 2 Klimadiagramm der Station Patscherkofel, in 2045 m Meereshöhe (verändert nach WINKLER 1967).

1.3. Aktuelle und potentielle Vegetation

Die Unterschiede zwischen der aktuellen und potentiellen Vegetation liegen im Bereich des Patscherkofels vor allem darin, daß sich durch die jahrhundertlange menschliche Nutzung eine Höhenverschiebung im Bereich der subalpinen Wälder und der nach oben anschließenden Zwergstrauchheiden ergeben hat (vgl. Abb. 4 GRABNER, S., in diesem Exkursionsführer). Die Waldgrenze wurde durch den Bewirtschaftungsdruck herabgesetzt und vielfach durch sekundäre Zwergstrauchgesellschaften ersetzt, sofern sich nicht Weideflächen herausgebildet haben. Neben den Einflüssen durch die klassische landwirtschaftliche Nutzung sind aber auch negative Einflüsse durch den Tourismus nicht zu übersehen, die unter anderem stellenweise eine Ruderalisierung unmittelbar betroffener Flächen verursachen, andererseits auch großflächige Verschiebungen im Vegetationsgefüge und in der Artenzusammensetzung bewirken.

2. Vegetationsüberblick der subalpinen und unteren alpinen Stufe des Patscherkofels

2.1. Subalpiner Wald

Die Abhänge des Patscherkofels werden von Nadelwäldern bestockt. Vorherrschend sind dabei in der montanen Stufe Mischwälder aus Fichte (*Picea abies*) und Lärche (*Larix decidua*). Mit zunehmender Höhenlage mischt sich dann die Zirbe (*Pinus cembra*) dazu, gleichzeitig tritt die Fichte zurück. Sie bleibt aber teilweise, auch anthropogen bedingt, beigemischt. Die subalpine Waldstufe wird durch einen Lärchen-Zirbenwald (*Larici-Pinetum cembrae*) charakterisiert (PITSCHMANN et al. 1970), wobei neben der fast stets dominierenden Zirbe, die Lärche mit unterschiedlicher Intensität auftritt. Die Lärche kann allerdings auch völlig fehlen.

Die Zirbenwälder der subalpinen Stufe umschließen in einem etwa 200 bis 300 Höhenmeter umfassenden Gürtel den Patscherkofel und reichen weiter östlich bis zum Glungezer. GAMS (1937) zählt diese Wälder zu den größten und besterhaltenen Zirbenbeständen der Alpen. Teile davon sind seit Mitte der 40-iger Jahre Naturschutzgebiet.

Die Höhenverbreitung des Lärchen-Zirbenwaldes schwankt in einem Rahmen von ca. 150 Höhenmetern. So reicht der geschlossene Wald auf der Nord- und Westseite bis 1950 m NN bzw. 1900 m NN, wogegen er auf der Südseite bis gegen 2050 m NN hinaufreicht (GRUBER 1993). Baumgruppen und Einzelindividuen von Zirbe, aber auch Lärche und Fichte reichen stellenweise noch deutlich höher.

Der Charakter der Wälder variiert je nach Höhenlage, Exposition und Untergrund. Auf der Nordseite in unterer Höhenlage herrschen dichte Bestände vor, deren Unterwuchs unter anderem von *Vaccinium myrtillus* und *Avenella flexuosa* dominiert wird (GRUBER 1993). Weiter oben lockern die Bestände auf und die Rostrote Alpenrose (*Rhododendron ferrugineum*) gewinnt zunehmend an Bedeutung. GAMS (1937) weist auf das natürliche Vorkommen von Zirbenwäldern an der Nordseite des Patscherkofels hin, indem er schreibt: „An steilen, schwer zugänglichen Nordhängen, z. B. um die Hühnerwand, gibt es noch wirklichen Zirbenurwald mit geschlossenem Alpenrosen- und Heidelbeerbestand“. Ein weiteres Charakteristikum der Wälder, vor allem auf der Nordseite, ist der reiche Flechtenbesatz der Bäume, besonders auffällig sind dabei die Bartflechten aus den Gattungen *Usnea*, *Bryoria* und *Letharia*.

Die Wälder der Südseite und auch der Westabhänge des Patscherkofels wirken insgesamt trockener und sind dabei häufig grasreich, vor allem das Wollige Reitgras (*Calamagrostis villosa*) kann flächendeckende Rasen bilden. Neben der südlichen bis westlichen Exposition trägt hier auch die Wirkung des Föhns dazu bei. Sehr stark aufgegliedert sind dann die Bereiche der Westseite, wo einerseits Beweidung und andererseits die Anlage von Schipisten noch eine zusätzliche Auflichtung bzw. Zerstückelung des Waldes bedingen.

2.2. Waldgrenze – Kampfzone

Die typischen Waldgrenzbäume am Patscherkofel sind Zirbe und häufig auch die Lärche, seltener die Fichte. Wie auch anderswo in den Alpen wurde die Waldgrenze durch Bewirtschaftung, vor allem Beweidung und den damit verbundenen Maßnahmen abgesenkt. An der Westseite des Patscherkofels kommt zusätzlich ein wetterbedingter Faktor, der Föhn dazu, der sich ebenfalls waldgrenzsenkend auswirkt (FISCHER 1952). Die Verbreitung der nach oben anschließenden, höherwüchsigen Zwergstrauchheiden mit *Rhododendron ferrugineum* geben gemeinsam mit einzelnen alten Zirben eine ungefähre Vorstellung der Lage der potentiellen Waldgrenze bei einer Höhe von ca. 2000 m NN (GRUBER 1993).

Oberhalb der geschlossenen Waldgrenze kommen auch weiterhin kleinere Baumgruppen oder Einzelindividuen vor. So erreicht eine Zirbengruppe an der Südseite knapp 2100 m NN. Einzelindividuen, meist nur mehr mit Krüppelwuchs, erreichen auch fast den Gipfel. So gibt GAMS (1937) die letzten Fichtenindividuen für 2210 m NN an. In den meisten Fällen sind es aber Zirbe und Lärche, die am höchsten hinauf steigen. Mit ein Grund für die Schwächung der Fichte im Bereich der Waldgrenze ist der Befall der Nadeln mit dem Fichtennadelrost (*Chrysomyxa rhododendri*). Er tritt überall dort auf, wo Alpenrosen und Fichten gemeinsam vorkommen. OBERHUBER et al. (1999) weisen darauf hin, daß starker Befall der Nadeln zu Abnahmen der Jahrringbreite führt, was zu einer Konkurrenzschwäche der Fichte im Bereich der Waldgrenze führen kann. Der Befall mit Fichtennadelrost kann sich auch hemmend auf die Etablierung von Jungpflanzen an diesen Standorten auswirken.

2.3. Zwergstrauchheide

Zwergstrauchheiden unterschiedlicher Ausbildung charakterisieren den Bereich oberhalb der Waldgrenze und umschließen etwa in einem 150 bis 200 Meter breiten Gürtel den Patscherkofel. Insgesamt umfassen sie eine Höhenamplitude, die vom Unterwuchs der Wälder ausgehend bis hinauf in die Gipfelregion reicht. Der untere Bereich der Zwergstrauchheide kann als potentielles Waldgebiet betrachtet werden (GRABHERR 1979). Die aktuelle Verbreitung der Zwergstrauchheiden ist sekundär durch menschliche Nutzung gefördert.

Die Zwergstrauchbestände des Patscherkofels zeichnen sich durch ihre Heterogenität bzw. den oft kleinflächigen Wechsel verschiedener Ausprägungen aus (LARCHER 1977, GRABHERR 1979). Der übliche relief-, boden-, expositionsbedingte Wechsel wird hier noch durch den Wind verstärkt.

Entsprechend den standörtlichen Gegebenheiten sowie einem Höhengradienten folgend wechseln unterschiedliche Formen der Zwergstrauchheiden einander ab. Als Grundeinheiten können folgende Typen angegeben werden (Abb. 3):

Bodensaure Alpenrosenheiden (*Rhododendretum ferruginei*)

Zwergwacholderweiden (*Junipero-Arctostaphyletum*)

Krähenbeerenheide (*Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*)

Loiseleuriaheide (*Loiseleurio-Cetrarietum, Gymnomitrio concinnati-Loiseleurietum procumbentis*)

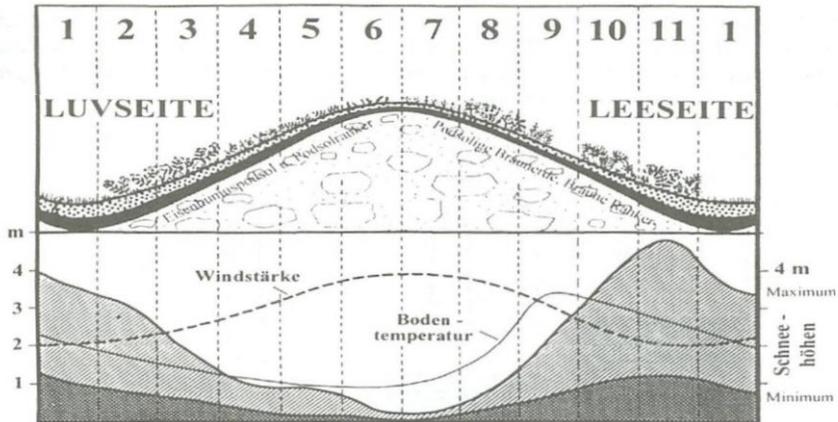


Abb. 3 Abfolge der Vegetationszonen auf einer windexponierten Kuppe an der Waldgrenze und Hauptfaktoren, die diese Verteilung bedingen. (nach AULITZKY (1963) aus REISIGL & KELLER 1987).

- Legende: 1 Muldenrasen
 2 *Vaccinium myrtillus*
 3 *Rhododendron ferrugineum*
 4 *Vaccinium gautherioides*
 5 u. 6 *Loiseleuriaheide*
 7 *Juncus trifidus*
 8 *Arctostaphylos uva-ursi*
 9 *Empetrum hermaphroditum*,
 10 *Vaccinium vitis-idaea*
 11 *Rhododendron ferrugineum*
Calluna vulgaris
Juniperus communis ssp. alpina

Die ökologischen Faktoren, die die Verteilung der einzelnen Arten bzw. Zwergstrauchgesellschaften in der oben genannten Form bedingen, sind gerade am Patscherkofel sehr intensiv untersucht worden (LARCHER 1977). Dabei sind es in erster Linie die lokalen klimatischen Verhältnisse, die in Kombination mit dem Geländere relief für die Verteilung der einzelnen Vegetationstypen verantwortlich sind. Einen Überblick einiger wichtiger klimatischer Faktoren und die damit in Zusammenhang stehende Vegetationsverteilung liefert Abb. 3. Daraus geht sehr deutlich die Abhängigkeit der Pflanzengesellschaften und auch der Wuchshöhe dieser Gesellschaften von klimaabhängigen Faktoren wie Windgeschwindigkeit, Schneehöhe und Bodentemperatur hervor. Es ergibt sich ein Gradient in der Abfolge der Pflanzengesellschaften, der von den höherwüchsigen Zwergstrauchbeständen mit der Alpenrose in schneereichen Lagen zu den nur wenige Zentimeter hohen *Loiseleuriaheiden* in schneeärmeren Lagen reicht. Während der Gradient in der Wuchshöhe parallel zu den Schneehöhen verläuft, ist er in Bezug auf die Windgeschwindigkeit gegenläufig.

Ein weiterer wichtiger, die Wuchshöhe beeinflussender Faktor ist das Phänomen der Frosttrocknis. Besonders gefährdet sind Pflanzen an schneeärmen und exponierten Standorten. Das Phänomen der Frosttrocknis kommt besonders mit zunehmendem Verlauf des Winters stärker zum Tragen. Charakteristisch ist eine fortlaufende Zunahme des Wasserdefizits und dann das Auftreten von Schäden im Spätwinter, wenn aufgrund der Erwärmung von Zweigen und fallweise auch der Blätter die Transpiration angekurbelt wird, die Pflanzen aus dem noch gefrorenen Boden aber nicht in der Lage sind, Wasser nachzuliefern (LARCHER 1994). Die Folgen sind Dürreschäden bis hin zum Absterben der exponierten Zweigpartien bzw. der Blätter.

Das Bioklima in den Beständen weicht aber zum Teil beträchtlich von den Bedingungen außerhalb ab (LARCHER 1977, CERNUSCA 1975). Je dichter und kompakter ein Bestand ist, umso gemäßigter ist das Bestandesklima hinsichtlich Wind und der davon abhängigen Faktoren, unter anderem Temperatur und Feuchtigkeit (Abb. 4 u. 5).

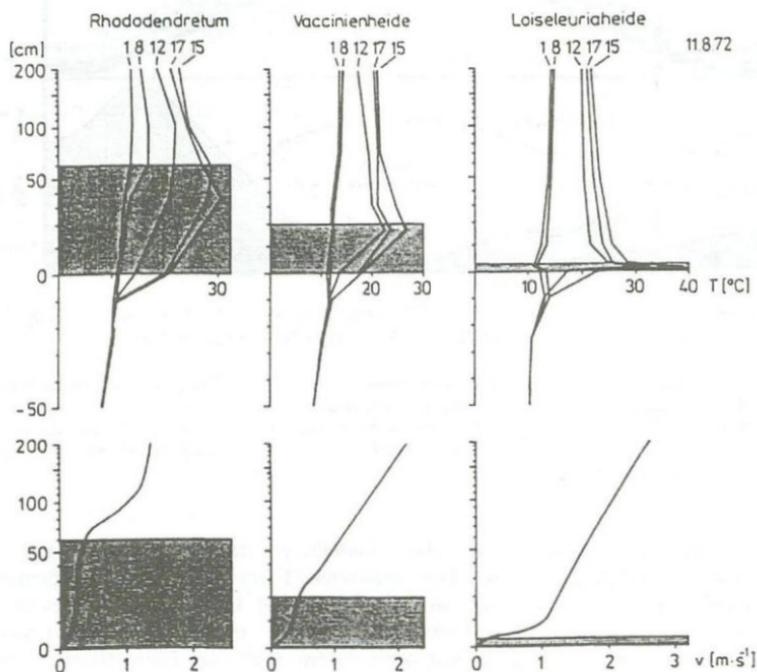


Abb. 4 oben: Temperaturprofile eines heiteren Tages (08. 11. 1972); unten: mittlere Windgeschwindigkeit (Meßzeitraum 15. 07. – 15. 10. 1972) im Alpengarten Patscherkofel (aus CERNUSCA 1975).

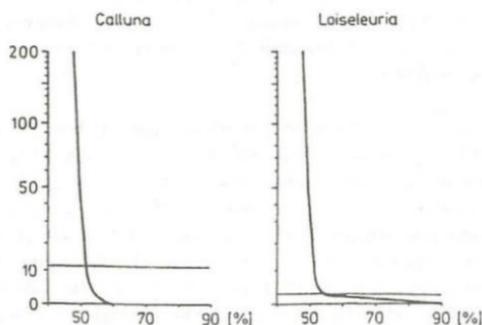


Abb. 5 Luftfeuchtigkeitsprofil während eines Föhnsturmes mit einer durchschnittlichen Windgeschwindigkeit von 20 m/s (aus CERNUSCA 1975).

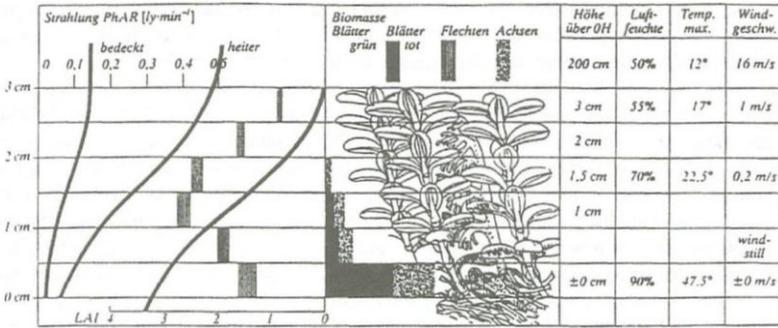


Abb. 6 Bestandesklima und Phytomasse in einem Loiseleurietum (aus REISIGL & KELLER 1987).

Mit der unterschiedlichen Bestandesstruktur geht auch eine unterschiedliche Absorption der photosynthetisch aktiven Strahlung einher (Abb. 6). CERNUSCA (1975) vergleicht dabei die Verhältnisse eines *Rhododendron*-Bestandes mit denen eines borealen Mischwaldes, und jene in der Loiseleuriaheide mit einer Wiese. Während in den dichten *Loiseleuria*-Beständen auch während Phasen stärkeren Windes ein vergleichsweise ausgeglichenes Bestandesklima herrscht, kann im Gegensatz dazu die Temperatur im Bestandesinneren an Schönwettertagen und entsprechender Exposition um 15 – 20°C über der Umgebungstemperatur liegen. Im Extremfall werden Werte bis zu 45°C erreicht (CERNUSCA 1975). *Loiseleuria procumbens*, auch *Arctostaphylos uva-ursi*, weisen über eine sehr große Temperaturamplitude hohe Photosyntheseraten auf, sodaß sowohl hohe Temperaturen als auch Temperaturschwankungen kaum vermindern auf die Photosyntheseaktivität einwirken (LARCHER 1975, CERNUSCA 1975). Hinsichtlich ihres Stoffumsatzes sind die Zwergstrauchheiden des Patscherkofels stationäre Systeme, die ihre Strukturen und Funktionen stabil halten können, aber auch längerfristig keinen Zuwachs an Biomasse liefern (LARCHER 1975). CERNUSCA (1975) weist in diesem Zusammenhang darauf hin, daß dieses Ökosystem zwar stabil, aber andererseits aufgrund des geringen Stoffumsatzes nur sehr schwer in der Lage ist, mit negativen Umwelteinflüssen fertigzuwerden.

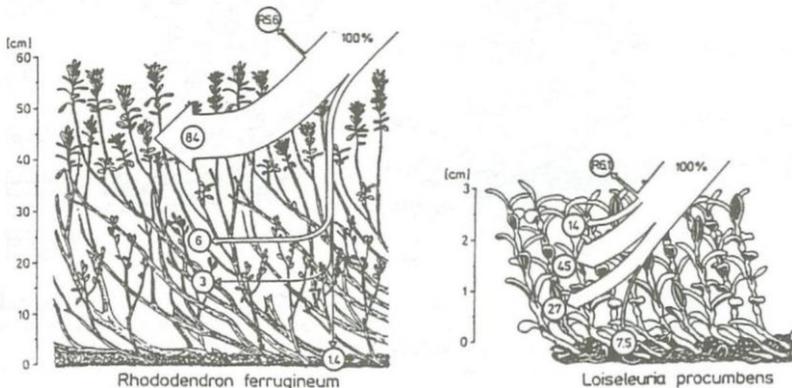


Abb. 7 Vergleich der Absorption photosynthetischer aktiver Strahlung in einem *Rhododendron*- und einem *Loiseleuria*-Bestand (aus CERNUSCA 1975).

Neben der bereits angedeuteten direkten Auswirkung des Windes, sowie den damit in Verbindung zu bringenden Faktoren kommt dem Wind besonders im Winter noch eine weitere wesentliche Bedeutung zu, die gerade an so ausgeprägten Föhnbergen wie dem Patscherkofel von größter Wichtigkeit ist. Entscheidend für ein Überleben vieler Gebirgspflanzen im Winter ist ausreichender Schneeschutz, wobei die Mindestschneehöhe auch die Höhe der Vegetationsdecke bestimmt. Pflanzenteile, die darüber hinausragen, sterben durch Erfrieren, Frosttrocknis oder werden gefressen (LARCHER 1977). Durch den Wind kommt es nun im Winter zu massiven Schneeverfrachtungen, die in Abhängigkeit vom Bodenrelief unterschiedliche Muster der Schnee Verteilung bewirken. Exponierte Standorte werden schneefrei geblasen, in Muldenlagen und windabgewandten Lagen kommt es zu Anhäufungen. An freigewehten Zweigpartien der Zwergsträucher sind dann oft rasch Schädigungen erkennbar, die auf Erfrieren oder Frosttrocknis zurückgeführt werden können. Kälteschäden sind bei allen Arten am ehesten im Frühjahr zu erwarten, wenn die hohe Kälteresistenz der Pflanzen (Abb. 8) schon abgeschwächt ist, bzw. nach längeren Perioden mit günstiger Witterung. Während des Winters sind Kälteschäden und damit verbundene Erfrierungen eher nicht zu erwarten, im Falle von *Loiseleuria procumbens* und *Vaccinium gaultheroides* (Frosthärte bis -40°C und mehr, Abb. 8) sogar sehr unwahrscheinlich. Weniger frohart sind *Vaccinium myrtillus* und *Calluna vulgaris*; sie können in strengen Wintern durchaus Frostschäden erleiden (LARCHER 1977). Ein großer Teil der Winterschäden kann aber auf Frosttrocknis (Winterdürre) zurückgeführt werden. An Tagen mit intensiver Strahlung und bei entsprechender Exposition können in diesem Fall auch bei *Loiseleuria procumbens* Dürreschäden auftreten.

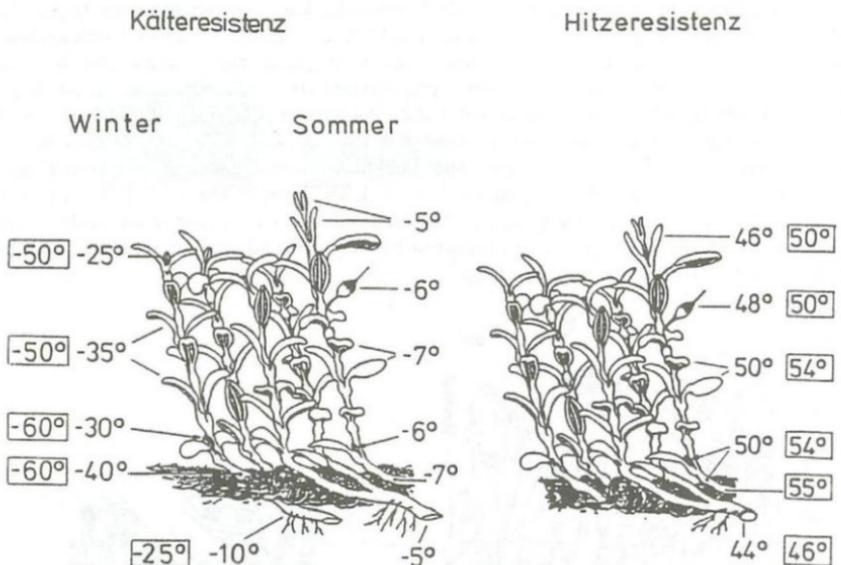


Abb. 8 Gegenüberstellung der Hitze- und Kälteresistenz von *Loiseleuria procumbens*. Die freistehenden Zahlen geben jeweils die minimale Temperaturresistenz nicht oder ungenügend abgehärteter Pflanzen an, die umrandeten Zahlen die potentielle Resistenz nach erfolgter, maximaler Abhärtung (aus LARCHER 1977).

Schädigungen während der Vegetationsperiode sind nicht oder nur in einem sehr geringen Ausmaß zu erwarten. Wohl aber bedeuten mechanische Schädigungen eine Gefährdung der Bestände. Einerseits kann es allein durch die Wirkung starker Winde zu einem Aufreißen der Bestände, insbesondere der *Loiseleuria*-Teppiche kommen, viel häufiger passiert dies aber durch Tritt von Mensch oder Weidevieh. Wenn geschlossene *Loiseleuria*-Teppiche erst einmal beschädigt sind und damit Angriffsfläche für den Wind bieten, erfolgt häufig eine fortschreitende Zerstörung der Bestände. Damit gerät auch das eigene Bestandesklima im Inneren der Teppiche aus dem Gleichgewicht.

2.3.1. Bodensaure Alpenrosenheiden (*Rhododendretum ferruginei* Rübél 1911)

Die Alpenrosengebüsche benötigen ausreichenden Schneeschutz im Winter. Ausgedehnte Bestände sind vor allem an der Nordseite ausgebildet, wo sie auch in den aufgelichteten Lärchen-Zirbenwäldern den Unterwuchs bilden. Charakteristische Elemente der Gesellschaft sind neben Rostroter Alpenrose (*Rhododendron ferrugineum*), Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*) und Preiselbeere (*Vaccinium vitis-idaea*). Auch die Krähenbeere (*Empetrum hermaphroditum*) ist immer wieder beigemischt. Mit der Abnahme des winterlichen Schneeschutzes gelangen zunehmend niederwüchsiger Zwergsträucher zur Dominanz und es erfolgt der Übergang zur Krähenbeerenheide.

2.3.2. Krähenbeerenheide (*Empetro-Vaccinietum gaultherioidis* Br.-Bl. in Br. Bl. et Jenny 1926 corr. Grabherr 1993)

Krähenbeerenheiden nehmen die Übergangsstellung zwischen den lange schneebedeckten Standorten der Alpenrosenheiden und den windgefegten *Loiseleuria*heiden ein, so dringen sie mosaikartig in die eine oder andere Gesellschaft ein (LANGERFELDT 1940). Am Patscherkofel kann die Rauschbeere (*Vaccinium gaultherioides*) hohe Deckungsgrade erreichen, dazu kommen noch Heidelbeere und Preiselbeere in unterschiedlicher Intensität. Nach LANGERFELDT (1940) lassen sich bei Berücksichtigung der Bodenschicht 2 Typen unterscheiden. Zum einen eine moosreiche Ausprägung, charakterisiert durch die Laubmoose *Hylocomium splendens*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, zum Teil auch *Ptilium crista-castrensis*. Bei dieser moosreichen Ausbildung handelt es sich um den Typ, der feuchtere Standorte mit längerer Schneebedeckung besiedelt. Die zweite, flechtenreiche Ausprägung besiedelt bereits stärker exponierte Standorte, sie wird durch *Cetraria islandica*, *C. crispa* sowie durch mehrere Arten der Gattung *Cladonia* charakterisiert.

2.3.3. *Loiseleuria*heide (Alpenazaleenheide, Windheide, Gamsheidenalpriere)

2.3.3.1. *Loiseleurio-Cetrarietum* Br.-Bl. et al. 1939 (Tab. 1)

Die exponiertesten und am stärksten vom Wind beeinflussten Standorte werden von *Loiseleurietum* besiedelt. Die Alpenazaleen-Windheiden (*Loiseleurio-Cetrarietum*) sind dabei jene Pflanzengesellschaften, die sehr weite Teile der Rücken des Patscherkofel überziehen. LANGERFELDT (1940) bezeichnet die Alpenazalee (*Loiseleuria procumbens*) als die Charakterpflanze des Gebietes. Beschreibungen der Flächen geben GAMS (1937) und LANGERFELDT (1940), Vegetationsaufnahmen und Analysen liefert GRABHERR (1979). Die Alpenazaleen-Windheiden des Patscherkofels zeigen sich sehr uneinheitlich, was auch zur Unterscheidung verschiedener Typen geführt hat. Bereits LANGERFELDT (1940) differenziert zwischen einer „Strauchflechten-reichen Gamsheide“ und einer „*Alectoria ochroleuca*-reichen Gamsheide“. Letztere nimmt die stärker windbeeinflussten Standorte ein und ist im Gebiet die häufigere der beiden Gesellschaften. Unterschiede zum *Gymnomitrio concinnati-Loiseleurietum* ergeben sich unter anderem in der Dichte der *Loiseleuriateppiche*, und damit im Auftreten bzw. Fehlen von Arten, die offene Böden benötigen (Tab. 1, Tab. 2).

Die dichten Loiseleuriateppiche haben ihre Hauptverbreitung im unteren Bereich der Höhenamplitude der Gesellschaft, kommen aber auch im Gipfelbereich vor. Charakteristische Arten sind eine Reihe von Flechten. Typisch für die strauchflechtenreiche Ausbildung sind *Cetraria islandica*, sowie mehrere Arten der Gattung *Cladonia*, unter anderem *C. rangiferina*, *C. arbuscula*, *C. bellidiflora*. Die *Alectoria*-reiche Ausbildung wird unter anderem charakterisiert durch *Alectoria ochroleuca*, daneben *Cetraria cucullata*, *Cetraria nivalis*, *Cetraria crispera* und *Thamnolia vermicularis*. An weiteren Zwergsträuchern sind den Beständen regelmäßig Heidelbeere, Preiselbeere, Rauschbeere beigemischt.

Aufnahmenummer	1	6	3	2	4	7	5	8	13	9	11	10	17	12	1	15
																4
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	+	1	1	+	.	1	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Avenella flexuosa</i>	+	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Leontodon helveticus</i>	.	+	+	r	.	+	r	.	+	+	.	r	.	.	.	.
<i>Cladonia rangiferina</i>	.	+	.	+	+	r	+	r	.	r	.	.	.	.	.	.
<i>Cladonia arbuscula</i>	.	r	1	.	.	+	+	+	r	r	.	.	r	.	.	.
<i>Cetraria cucullata</i>	r	+	1	1	1	2	1	+	r	3	1	+	+	.	1	1
<i>Cetraria islandica</i>	1	2	r	1	3	3	3	2	2	+	3	+	+	+	2	1
<i>Loiseleuria procumbens</i>	5	5	4	5	5	5	5	4	4	5	3	3	3	3	3	3
<i>Primula minima</i>	.	r	.	.	+	+	r	.	r	+	+	+	r	.	+	.
<i>Euphrasia minima</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	1	+	1	1	1	+
<i>Festuca halleri</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	1	+	+
<i>Minuartia recurva</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	+	+	+
<i>Gymnomitrium concinnum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	+	.	1
<i>Pycnothelia papillaria</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Alectoria ochroleuca</i>	.	1	r	r	+	+	r	2	r	1	1	2	r	1	+	.
<i>Thamnolia vermicularis</i>	.	r	+	.	+	1	1	.	+	1	+	+	1	1	1	1
<i>Cetraria ericetorum</i>	.	+	+	+	1	1	1	1	+	1	+	+	1	2	1	1
<i>Cetraria nivalis</i>	r	+	.	.	+	.	+	+	r	1	+	+	+	1	1	1
<i>Vaccinium uliginosum</i>	1	+	1	+	.	r	2	1	.	1	+	.	.	r	1	+
<i>Juncus trifidus</i>	+	+	1	1	1	+	1	+	1	1	1	1	1	+	+	+
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	.	r	.	.	r	1	+	r	+	r	+	+	+	r	r	.
<i>Calluna vulgaris</i>	.	.	+	r	.	+	+	.	+	+	.	.	+	.	.	.
<i>Polytrichum juniperinum</i>	.	r	.	.	1	.	1	1	+	+	1	+	+	+	+	+
<i>Senecio incanus ssp. carniolicus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	r	r	.	.
<i>Carex curvula</i>	.	.	.	.	+	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Avenochloa versicolor</i>	.	r	.	.	.	.	+	.	.	+	.	+	r	.	.	.
<i>Alectoria nigricans</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.	+	.	.

Tab. 1 Vegetationsaufnahmen Loiseleurio-Cetrarietum, Patscherkofel bei Innsbruck. Aufnahmen GRABHERR (1979) (ein- oder zweimal vorkommende Arten wurden nicht berücksichtigt).

2.3.3.2. *Gymnomitrium concinnati* – *Loiseleurietum procumbentis* Grabherr 1993 (Zwergstrauch-Frostböden)

Die am stärksten windgefegten Flächen, deren Böden der Kammeisbildung ausgesetzt sind, werden von einem lückigen Vegetationsmosaik, ebenfalls wiederum mit der Alpenazalee besiedelt. Die Gesellschaft besiedelt flache, der Kryoturbation unterliegende Böden und ist nur auf den extremsten Windbergen ausgebildet (GRABHERR 1993). FRANZ (1986) bezeichnet sie als „Schuttpanzer-Loiseleurio-Cetrarietum“, eine Bezeichnung, die das Erscheinungsbild dieser Gesellschaft sehr gut beschreibt. Sie besiedelt am Patscherkofel vor allem südlich bis südwestlich exponierte Hänge in den oberen Höhenlagen. Die Gesellschaft weist große Ähnlichkeit mit skandinavischen Vegetationstypen auf, worauf bereits GAMS (1937) hinweist. Charakteristische Arten sind neben dem lockeren Bewuchs mit der Alpenazalee (*Loiseleuria procumbens*), *Gymnomitrium concinnum*, ein kleine Pösterchen bildendes Moos und *Pycnothelia papillare*, eine Krustenflechte. Dazu kommen einige weitere

Arten, die die offenen Bodenflächen besiedeln, unter anderem *Euphrasia minima*, *Festuca halleri*, *Minuartia recurva*.

Aufnahmenummer	18	23	16	21	19	20	22
<i>Cladonia arbuscula</i>	.	.	+	.	.	.	.
<i>Cetraria cucullata</i>	.	+	+	.	+	.	.
<i>Cetraria islandica</i>	r	+	1	r	r	.	r
<i>Loiseleuria procumbens</i>	2	2	2	2	1	2	2
<i>Primula minima</i>	+	+	+	1	+	1	1
<i>Euphrasia minima</i>	1	+	+	1	+	+	+
<i>Festuca halleri</i>	1	1	+	1	1	1	1
<i>Minuartia recurva</i>	+	+	+	+	1	1	+
<i>Gymnomitron concinnatum</i>	+	1	r	+	+	+	3
<i>Pycnothelia papillaria</i>	.	.	.	.	+	+	+
<i>Alectoria ochroleuca</i>	1	r	.	2	2	1	r
<i>Thamnomia vermicularis</i>	+	+	1	1	+	+	+
<i>Cetraria ericetorum</i>	+	+	1	+	+	+	.
<i>Cetraria nivalis</i>	2	+	r	+	1	+	r
<i>Vaccinium uliginosum</i>	1	1	+	.	2	.	1
<i>Juncus trifidus</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	1	+	+	+	+	r	+
<i>Calluna vulgaris</i>	.	.	1	.	.	.	.
<i>Polytrichum juniperinum</i>	+	+	1	1	1	+	.
<i>Senecio incanus</i> subsp. <i>carniolicus</i>	r	+	.	1	+	.	r
<i>Carex curvula</i>	.	.	.	.	+	+	1
<i>Alectoria nigricans</i>	r	.	.	+	1	+	.

Tab. 2 Vegetationsaufnahmen *Gymnomitrio concinnati-Loiseleurietum procumbentis*. Aufnahmen von GRABHERR (1979) (ein oder zweimal vorkommende Arten wurden nicht berücksichtigt).

2.3.4. Zwerg-Wacholderweide (*Junipero-Arctostaphyletum* Br.-Bl. ex Haffter in Br.-Bl. et al. 1939)

An den Süd- bis Westhängen werden in den unteren Höhenlagen im Bereich der Waldgrenze die Schneeschutz benötigenden Alpenrosengebüsche von Zwergstrauchheiden mit Zwerg-Wacholder (*Juniperus communis* ssp. *alpina*) abgelöst. Es handelt sich dabei um Bestände, die zumeist von der Besenheide dominiert werden, mit inselartig eingestreuten Zwerg-Wacholderbüschen. Weitere typische Begleiter sind *Vaccinium*-Arten (*V. vitis-idaea*, *V. myrtillus*, *V. gaultherioides*) und an flachgründigen Standorten auch Bärentraube (*Arctostaphylos uva-ursi*). Letztere tritt auch in den Gemshaidespalieren an sehr flachgründigen und sonnenexponierten Standorten immer wieder auf. Die Gesellschaft mit Zwerg-Wacholder (*Junipero-Arctostaphyletum*) stellt nach GRABHERR (1993) die artenreichste Zwergstrauchgesellschaft auf saurem Untergrund dar.

2.4. Weiderasen (*Sieversio-Nardetum strictae* Lüdi 1948)

An den stark beweideten Flächen sind vor allem Weiderasen mit dem Bürstling (*Nardus stricta*) ausgebildet. Die subalpin-alpinen Bürstlingsweiden (*Sieversio-Nardetum strictae*) stellen demnach Ersatzgesellschaften dar, die vom subalpinen Wald bis hinauf in die alpine Stufe reichen. Dabei sind die Weideflächen häufig intensiv mit der sie umgebenden Vegetation verzahnt, deutlichere Abgrenzungen sind nur unterhalb der Waldgrenze gegeben. Aber auch dort reichen die Arten aus den Weiderasen manchmal noch weit in den

Unterwuchs der Wälder hinein. Im Bereich der Zwergstrauchheiden sind die Übergänge dann oft fließend. Dementsprechend kann die Ausprägung je nach standörtlichen Bedingungen variieren. Neben dem dominierenden Bürstling sind unter anderem Behaarte Glockenblume (*Campanula barbata*), Gold-Fingerkraut (*Potentilla aurea*), Berg-Nelkenwurz (*Geum montanum*) regelmäßig vorhanden. Zudem treten je nach standörtlichen Bedingungen Zwergsträucher in unterschiedlicher Intensität dazu. An der Süd- und Südwestseite des Patscherkofels ist häufig die Besenheide (*Calluna vulgaris*) beigemischt.

2.5. Alpine Rasen

Alpine Rasen fehlen am Patscherkofel. Fragmentarisch sind aber im Gipfelbereich Ansätze zu Rasen mit der Krummsegge (*Carex curvula*) vorhanden.

3. Beschreibung der Exkursionsroute

3.1. Subalpiner Wald – Stop 1

Im Zuge der Exkursion werden Waldflächen an der Westflanke des Patscherkofels in der Umgebung des Klimahauses (1950 m) besichtigt. Das Gebiet unterliegt starker Weidenutzung, auch Waldweide wird betrieben.

Die Baumschicht wird in diesem Bereich von der Zirbe (*Pinus cembra*) dominiert, die zweite bestandesbildende Baumart ist die Fichte (*Picea abies*). Die Lärche (*Larix decidua*) tritt in diesem Bereich nur sporadisch auf. Die Bestände weisen unterschiedliche Dichte auf, auch der Charakter des Unterwuchses wechselt vielfach kleinräumig.

Dort wo der Wald zunehmend auflockert, treten im Unterwuchs vermehrt Zwergsträucher auf. Beim Durchqueren des Waldes wechselt das Bild des Unterwuchses, teils sehr rasch. Die Flächen mit der größten Baumdeckung zeigen dabei sehr spärlichen Unterwuchs. Eine Strauchschicht fehlt oder wird nur von einigen wenigen Jungbäumen gebildet. Auch die Krautschicht ist nur spärlich ausgebildet, eine Mooschicht hingegen ist durchwegs vorhanden. Mit zunehmender Auflichtung der Bäume nimmt der Unterwuchs zu. In offenen Beständen dominieren unter anderem *Homogyne alpina* oder *Avenella flexuosa*. An sehr lichten und offenen Stellen können die zum Teil auf Waldweide zurückzuführenden Arten der Nardeten zur Dominanz gelangen.

Auffällig ist der relativ reiche Flechtenbehang der Bäume, wobei vor allem *Usnea*- und *Bryoria*-Arten aspektprägend sind. Die zerzausten Kronenformen mancher Bäume lassen auch die Gewalt des Windes an der Westseite des Berges erahnen.

Artenliste: subalpiner Wald

Baumschicht

Larix decidua

Picea abies

Pinus cembra

Strauchschicht

Juniperus communis ssp. alpina

Larix decidua

Picea abies

Pinus cembra

Rubus idaeus

Zwergsträucher

Calluna vulgaris

Rhododendron ferrugineum

Vaccinium gaultherioides

Vaccinium myrtillus

Vaccinium vitis-idaea

Kraut- und Mooschicht

Agrostis tenuis

Alchemilla alpina

Alchemilla vulgaris agg.

Antennaria dioica

Anthoxanthum alpinum

Avenella flexuosa

Calluna vulgaris

Campanula barbata

Campanula rotundifolia

Carlina acaulis

Cerastium holosteoides

Cetraria islandica

Cladonia rangiferina

Dryopteris carthusiana

Galium anisophyllum

Gnaphalium sylvaticum

Gymnocarpium dryopteris

Hieracium murorum

Hieracium pilosella

Homogyne alpina

Leontodon hispidus

Linum catharticum

Luzula luzulina

Luzula luzuloides

Luzula multiflora s.l.
Luzula pilosa
Maianthemum bifolium
Melampyrum pratense
Melampyrum sylvaticum
Nardus stricta
Oxalis acetosella
Plagiothecium undulatum
Polytrichum commune
Potentilla aurea
Potentilla erecta
Rhytidadelphus loreus
Solidago virgaurea ssp. *minuta*

Vaccinium gaultherioides
Veronica officinalis

Epiphytische Flechten

Bryoria sp.
Cetraria pinastri
Evernia divaricata
Letharia vulpina
Parmeliopsis ambigua
Parmeliopsis hyperopta
Pseudevernia furfuracea
Usnea sp.

3.2. Waldgrenze, Kampfzone – Stop 2

Der weitere Weg führt über die Waldgrenze hinaus. Die geschlossene Waldvegetation lichtet sich etwa bei 2000 - 2050 m NN auf, einzelne Baumgruppen und Einzelbäume reichen aber noch deutlich höher. Zudem reichen waldfreie Flächen auch stellenweise unter die in diesem Bereich vorherrschende Waldgrenze. An den geschlossenen Waldbereich schließen sich nach oben in aufgelockerten Gruppen und schließlich als Einzelindividuen vor allem Jungbäume der einzelnen Baumarten an. Im unteren Bereich der Kampfzone spielt die Fichte noch eine gewisse Rolle, weiter oben sind es dann aber meist nur mehr Zirben und stellenweise auch die Lärche, die in ein Mosaik aus Zwergstrauchheide und Bürstlingsrasen vorstoßen. Die Artengarnitur stellt eine Mischung aus Arten des Waldes, der Weiderasen und Elementen der Zwergstrauchheiden dar.

3.3. Weiderasen – Stop 3

Im Bereich der Waldgrenze und in den unteren Höhenlagen insgesamt wechseln einander Zwergstrauchheiden mit Bürstlingsrasen ab. Die einzelnen Bestände sind intensiv ineinander verzahnt, schärfere Grenzen fehlen hier zumeist. Charakteristische Arten sind Zwerg-Wacholder (*Juniperus communis* ssp. *nana*) und Besenheide (*Calluna vulgaris*). Dabei ist die Besenheide im Regelfall die dominierende Art, beigemischt sind zusätzlich *Vaccinium*-Arten. Der Zwerg-Wacholder tritt in diesen Flächen oft nur verstreut auf, teilweise fehlt er in größeren Bereichen zur Gänze. Stellenweise wird *Nardus stricta* dominant und bildet einen Weiderasen aus. Nur in den unteren Höhenlagen, teilweise noch unterhalb der aktuellen Waldgrenze und in den Weideflächen innerhalb des Waldes sind die Weiderasen relativ arm an Zwergsträuchern und wirken daher auch gras- und krautreicher, der Bürstling ist dabei meist hochdominant und aspektbestimmend.

Artenliste: Weiderasen

Achillea millefolium agg.
Agrostis sp.
Agrostis tenuis
Ajuga pyramidalis
Antennaria dioica
Anthoxanthum alpinum

Arnica montana
Avenula versicolor
Calamagrostis villosa
Calluna vulgaris
Campanula barbata
Campanula scheuchzeri

<i>Carex leporina</i>	<i>Luzula luzuloides</i>
<i>Carex sempervirens</i>	<i>Luzula multiflora</i> s.l.
<i>Carlina acaulis</i>	<i>Nardus stricta</i>
<i>Cetraria islandica</i>	<i>Pedicularis tuberosa</i>
<i>Deschampsia caespitosa</i>	<i>Phleum alpinum</i>
<i>Deschampsia flexuosa</i>	<i>Phyteuma hemisphericum</i>
<i>Euphrasia minima</i>	<i>Poa alpina</i>
<i>Euphrasia rostkoviana</i>	<i>Poa annua</i>
<i>Festuca nigrescens</i>	<i>Potentilla aurea</i>
<i>Festuca rubra</i>	<i>Potentilla erecta</i>
<i>Gentiana acaulis</i>	<i>Pseudorchis albida</i>
<i>Gentiana germanica</i>	<i>Ranunculus acris</i>
<i>Geum montanum</i>	<i>Ranunculus montanus</i>
<i>Hieracium alpinum</i>	<i>Rhinanthus glacialis</i>
<i>Hieracium hoppeanum</i>	<i>Rhododendron ferrugineum</i>
<i>Hieracium murorum</i>	<i>Senecio incanus</i> ssp. <i>carniolicus</i>
<i>Hieracium pilosella</i>	<i>Silene rupestris</i>
<i>Hieracium villosum</i>	<i>Soldanella alpina</i>
<i>Homogyne alpina</i>	<i>Solidago virgaurea</i> ssp. <i>minuta</i>
<i>Hypochoeris uniflora</i>	<i>Thymus praecox</i>
<i>Juncus trifidus</i>	<i>Thymus polytrichus</i>
<i>Juniperus communis</i> ssp. <i>alpina</i>	<i>Vaccinium gaultherioides</i>
<i>Leontodon helveticus</i>	<i>Vaccinium myrtillus</i>
<i>Leontodon hispidus</i>	<i>Vaccinium vitis idaea</i>
<i>Leucanthemopsis alpina</i>	<i>Veronica bellidioides</i>
<i>Linum carthaticum</i>	<i>Veronica fruticans</i>
<i>Loiseleuria procumbens</i>	<i>Veronica officinalis</i>
<i>Lotus alpinus</i>	

3.4. Zwergstrauchheide – Stop 4

Der weitere Weg führt dann aus dem Bereich der Kampfzone in die alpinen Zwergstrauchheiden. Die Flächen sind dabei durchgehend west-südwest orientiert und liegen im Bereich des stärksten Föhneinflusses. Dementsprechend herrschen vor allem niedrigwüchsige Zwergstrauchheiden vor, die im Winter vielfach mit mangelnder bzw. fehlender Schneebedeckung zu kämpfen haben. Die Rostrote Alpenrose (*Rhododendron ferrugineum*) tritt meist nur sporadisch auf, als Einzelstrauch oder in kleineren Gruppen, ausgedehntere Alpenrosengebüsche fehlen hier, oder sind auf windgeschützte Muldenlagen beschränkt. Der Gradient von den niederwüchsigen Loiseleuriaheiden exponierter Standorte bis hin zu den höherwüchsigen Rhododendrongebüschchen in geschützter Lage ist sehr gut zu sehen.

Mit zunehmender Höhe und zunehmendem Windeinfluß verschieben sich dann die Dominanzverhältnisse. Die Alpenrosen verschwinden, *Vaccinien* und *Loiseleuria* dominieren. Großflächige Gamsheidespalierer prägen das Landschaftsbild der südwestlich und westlich exponierten Abhänge des Patscherkofels. Der Anteil der *Vaccinien* wechselt dabei mit dem Bodenrelief. Bei fehlendem Schneeschutz verschwinden sie zunehmend, nur die Rauschbeere erreicht auch exponierte Standorte.

Neben den Zwergsträuchern sind es vor allem Flechten, die die Flächen charakterisieren. Charakteristische Arten sind *Cetraria islandica*, *Cetraria cucullata*, *Cetraria nivalis*, *Cetraria crispa*, *Cladonia rangiferina*, *Cladonia arbuscula*, *Cladonia uncialis*, weitere *Cladonia*-Arten

(Becherflechten) und *Alectoria ochroleuca*. Letztgenannte Art in Begleitung der *Cetraria*-Arten charakterisieren die am stärksten vom Wind beeinflussten Standorte, sofern nicht die Vegetation insgesamt auflockert. Die exponiertesten Flächen ohne winterlichen Schneeschutz weisen dann oft nur lückigen Bewuchs mit zerstreut angeordneten *Loiseleuria*-Exemplaren auf. Die offenen Bodenflächen werden einerseits wiederum von Flechten, daneben auch von Moosen und andererseits vermehrt von krautigen Arten besiedelt, die in den dicht geschlossenen *Loiseleuria*-Teppichen nicht aufkommen können. Typisch sind unter anderem Zwerg-Primel (*Primula minima*), Dreiblatt-Binse (*Juncus trifidus*) und Zwerg-Augentrost (*Euphrasia minima*). Flachgründige Standorte und anstehender Fels sind durch das Auftreten der Bärentraube (*Arctostaphylos uva-ursi*) ausgezeichnet.

Artenliste: Zwergstrauchheide

<i>Alectoria nigricans</i>	<i>Diphasium alpinum</i>
<i>Alectoria ochroleuca</i>	<i>Empetrum hermaphroditum</i>
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	<i>Gymnomitrium concinnum</i>
<i>Calluna vulgaris</i>	<i>Homogyne alpina</i>
<i>Cetraria crispa</i>	<i>Huperzia selago</i>
<i>Cetraria cucullata</i>	<i>Juncus trifidus</i>
<i>Cetraria ericetorum</i>	<i>Juniperus communis ssp. alpina</i>
<i>Cetraria islandica</i>	<i>Loiseleuria procumbens</i>
<i>Cetraria nivalis</i>	<i>Rhododendron ferrugineum</i>
<i>Cladonia alpestris</i>	<i>Solorina crocea</i>
<i>Cladonia arbuscula</i>	<i>Stereocaulon alpinum</i>
<i>Cladonia bellidiflora</i>	<i>Thamnia vermicularis</i>
<i>Cladonia rangiferina</i>	<i>Vaccinium gaultherioides</i>
<i>Cladonia stellaris</i>	<i>Vaccinium myrtillus</i>
	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>

Vom Gipfel erfolgt dann der Abstieg zur Station der Patscherkofelbahn und zum Alpengarten der Universität Innsbruck, über die Nordwestflanke des Berges. Die Hänge zeigen ein unruhiges, reich akzentuiertes Bodenrelief mit zum Teil kaum merklichen Niveauunterschieden. Rinnen, Rippen und Mulden wechseln einander oft auf sehr engem Raum ab. Trotz der oft nur minimalen Unterschiede reagiert die Vegetation darauf sehr rasch. Windgefegte Flächen mit *Loiseleuria*-Teppichen werden in den Vertiefungen von Heidelbeerdominierten Beständen abgelöst, teilweise mischen sich auch Alpenrosen darunter. Elemente aus Schneetälchen wie *Soldanella alpina* und *Salix herbacea* deuten auf die stellenweise lange Schneebedeckung hin. Anders als beim Aufstieg, wo die Übergänge zwischen den einzelnen Vegetationstypen zumeist eher fließend waren, erfolgt der Übergang hier oft plötzlich, entsprechend den Geländekonturen.

3.5. Schutt- und Felsstandorte – Stop 5 (erfolgt nur falls genügend Zeit verbleibt)

Die Vegetation silikatischer Schutt- und Felsvegetation wird im Zuge der Exkursion nur am Rande berührt. So sind am Wege durch die Zwergstrauchheide immer wieder kleinere, sehr flachgründige Bereiche und Felspartien eingestreut. Es handelt sich dabei meist um kleinere, anstehende Felspartien, die an ihren Horizontalflächen kontinuierlich den Übergang von den *Loiseleuria*-heiden zu lückiger Felsvegetation zeigen. Die Vertikalflächen tragen dann zumeist typische Felsspaltenpflanzen. Neben einigen wenigen Phanerogamen (*Juncus trifidus*, *Primula hirsuta* u. a.) sind es vor allem Flechten und Moose, die diese Standorte charakterisieren.

Artenliste: Felsstandorte (Liste bezieht sich nicht auf einen Standort, sondern stellt eine Zusammenfassung mehrerer Standorte entlang des Weges dar.)

Phanerogamen

Arctostaphylos uva-ursi
Juncus trifidus
Primula hirsuta
Saxifraga bryoides
Saxifraga paniculata
Sempervivum montanum

Moose

Grimmia sp.
Racomitrium sp.

Flechten

Biatorella sp.
Haematomma ventosum
Lecanora sp.
Lecidea lapicida
Lecidea sp.
Parmelia omphalodes
Parmelia saxatilis
Parmelia stygia
Ramalina strepsilis
Rhizocarpon geographicum
Umbilicaria cylindrica
Umbilicaria deusta
Umbilicaria hirsuta

3.6. Auflistung weiterer Arten entlang der Wegstrecke Waldgrenze – Gipfel

Agrostis alpina
Agrostis rupestris
Ajuga pyramidalis
Alchemilla alpina
Alnus viridis
Antennaria dioica
Anthoxanthum alpinum
Athyrium distentifolium
Avenella flexuosa
Avenula versicolor
Campanula scheuchzeri
Carex brunnescens
Carex curvula
Carex nigra
Carex sempervirens
Cerastium holosteoides
Chrysanthemum alpinum
Dermatocarpon miniatum
Deschampsia cespitosa
Erigeron uniflorus
Euphrasia minima
Festuca halleri
Gentiana punctata
Gentianella aspera
Gentianella germanica
Geum montanum
Hieracium alpinum
Hieracium intybaceum
Hieracium villosum

Larix decidua
Linum catharticum
Luzula alpino-pilosa
Luzula multiflora s.l.
Luzula spicata
Melampyrum pratense
Melampyrum sylvaticum
Minuartia recurva
Nardus stricta
Pedicularis tuberosa
Peucedanum ostruthium
Phyteuma hemisphaericum
Picea abies
Pinguicula vulgaris
Pinus cembra
Polygala chamaebuxus
Polytrichum juniperinum
Potentilla aurea
Primula hirsuta
Primula minima
Pritzelago alpina
Pulsatilla alpina ssp. *apiifolia*
Pulsatilla vernalis
Pycnothelia papillaria
Saxifraga bryoides
Saxifraga paniculata
Sedum alpestre
Sedum atratum
Sempervivum montanum

Senecio incanus ssp. carniolicus
Sesleria ovata
Sibbaldia procumbens
Silene rupestris
Soldanella alpina

Soldanella pusilla
Thymus polytrichus
Veronica alpina
Veronica bellidioides
Viola biflora

Literatur

- ADLER, W., OSWALD, K. & FISCHER, R. (1994): Exkursionsflora von Österreich. Ulmer, Stuttgart Wien.
- AULITZKY, H. (1963): Grundlagen und Anwendungen des vorläufigen Wind-Schnee-Ökogramms. Mitt. Forstl. Bundes-Versuchsanstalt Mariabrunn 60: 763-834.
- CERNUSCA, A. (1975): Standörtliche Variabilität in Mikroklima und Energiehaushalt alpiner Zwergstrauchheiden. Verhandl. Ges. Ökol.: 9-21.
- CERNUSCA, A. (1976): Energie- und Wasserhaushalt eines alpinen Zwergstrauchbestandes während einer Föhnperiode. Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser. B: 219-241.
- FISCHER, A. (1952): Die oberen Höhengrenzen im Silltal. Dissertation Univ. Innsbruck.
- FRANZ, W. R. (1986): Auswirkungen von Wind, Kammeis und anderen abiotischen Faktoren auf verschiedene Pflanzengesellschaften im Kärntner- und Landschaftsschutzgebiet „Nockberge“. Sauteria 1: 65-88.
- GAMS, H. (1937): Der Patscherkofel, seine Naturschutzgebiete und sein Alpengarten. Jahrb. Ver. Schutz Alpenpflanzen u. -tiere, 9: 7-21.
- GRABHERR, G. (1993): Caricetea curvulae. In: GRABHERR, G. & MUCINA, L. (Hrsg.): Die Pflanzengesellschaften Österreichs Teil II, Natürlich waldfreie Vegetation. Fischer, Jena, Stuttgart, New York: 343-372.
- GRABHERR, G. (1993): Loiseleurio-Vaccinietae. In: GRABHERR G. & MUCINA L. (Hrsg.): Die Pflanzengesellschaften Österreichs Teil II, Natürlich waldfreie Vegetation. Fischer, Jena, Stuttgart, New York: 447-467.
- GRABHERR, G. (1979): Variability and ecology of the alpine dwarf shrub community Loiseleurio-Cetrarietum. Vegetatio 41: 111-120.
- GRUBER, A. (1993): Die Höhenverteilung der Flora am Patscherkofel. Diplomarbeit Univ. Wien.
- KLEBELSBERG, R. v. (1935): Geologie von Tirol. Berlin: 118-170, 259-273.
- LANGERFELDT, J. (1940): Alpine Flechtenheiden im Gebiet des Patscherkofels. Jb. Ver. z. Schutze d. Alpenpfl. u. -tiere 12: 22-30.
- LARCHER, W. (1977): Produktivität und Überlebensstrategien von Pflanzen und Pflanzenbeständen im Hochgebirge. Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., Mathem.-naturw. Kl., Abt. I 186: 373-386.

- LARCHER, W. (1979): Ergebnisse des IBP-Projekts „Zwergstrauchheide Patscherkofel“. Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., Mathemat.-naturw. Kl., Abt. I 186: 301-371.
- LARCHER, W. (1994): Ökophysiologie der Pflanzen. 5. Auflage, Ulmer, Stuttgart.
- OBERHUBER, W., THOMASER, G., MAYR, S. & BAUER, H. 1999: Radial growth of Norway Spruce infected by *Chrysomyxa rhododendri*. - Phytion (Austria), Special issue „Eurosilva“ 39 4: 147-154.
- PITSCHMANN, H., REISIGL, H., SCHIECHTL, H.-M. & STERN, R. (1970): Karte der aktuellen Vegetation von Tirol 1:100.000, I Teil, Blatt 6, Innsbruck-Stubaier Alpen. Doc. Carte Veget. Alpes, Grenoble 8: 7 - 34 + Karte.
- REISIGL, H. & KELLER, R. (1987): Alpenpflanzen im Lebensraum. Fischer, Jena, Stuttgart, New York.
- WALLNÖFER, S. (1993): Vaccinio-Piceetea. In: MUCINA, L., GRABHERR, G. & WALLNÖFER, S. (Hrsg.): Die Pflanzengesellschaften Österreichs Teil III, Wälder und Gebüsche. Fischer, Jena: 283-337.
- WALTER, H. & LIETH, H. (1964): Klimadiagramm-Weltatlas, Fischer, Jena, Stuttgart, New York.
- WINKLER, E. & Moser, W. (1967): Die Vegetationszeit in zentralalpinen Lagen Tirols in Abhängigkeit von den Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen. Veröff. Mus. Ferd. Innsbruck 47: 121-147.

Karte:

ÖK 118 (BMN2703) Innsbruck, Österreichische Karte 1:50.000, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, 1080 Wien, Krotenthallergasse 3.

Die alpine Stufe in den Zentralalpen

Exkursion Obergurgl: Hohe Mut, SW-Hänge unterhalb des Kirchenkogels, Gletschervorfeld des Rotmoosferners, Rotmoos- und Schönwiesmoor

Brigitta Erschbamer

Institut für Botanik, Universität Innsbruck, Sternwartestr. 15, A-6020 Innsbruck

Zusammenfassung

Obergurgl ist als Stätte langjähriger Forschung in Wissenschaftskreisen relativ gut bekannt, insbesondere durch das MaB-Projekt Obergurgl und die Forschung in den Gletschervorfeldern des Rotmoos- und Gaisbergtales. Die Vegetationstypen, auf die während der Exkursion genauer eingegangen wird, umfassen die alpinen Rasen auf Silikat (*Caricion curvulae*), die Schneebodengesellschaften auf Silikat (*Salicetea herbaceae*), die Schuttgesellschaften auf sehr heterogenem Ausgangsgestein, die Moränenflächen des Rotmoostales mit ihren unterschiedlichen Sukzessionsstadien und die subalpinen Moore am Ausgang des Rotmoostales. Artengarnitur, Bodenbildung und ökologische Charakteristika werden besprochen.

Stichwörter: *Carex curvula*, *Caricetum curvulae*, *Salicetea herbaceae*, Schuttvegetation, Moränen, Gletschervorfeld, Primärsukzession, subalpine Moore

I. Einleitung

Das Gurgler Tal (Abb. 1) weist einen Höhenunterschied von über 1600 m auf (Talgrund bei Untergurgl: 1800 m NN, Hochwilde: 3482 m NN). Prozentmäßig setzt sich die Fläche des Gebietes folgendermaßen zusammen: 50 % Gletscher, 16 % Felsregionen, Moränen, Schutt, alpine Rasen, 30 % Alpweiden und Bergmähder, der Rest verteilt sich auf Wald (Lärchen-Zirbenwald), Talgrundwiesen, Siedlungsraum, Verkehrsflächen (JANETSCHEK 1987).

Die Waldgrenze liegt bei 2000 - 2100 m NN, die höchsten Zirbenvorkommen befinden sich am Schönwieskopf in 2300 m NN. Oberhalb von 2000 m NN wechseln je nach Geländemorphologie subalpine Weiderasen (Nardeten), höhere Zwergstrauchheiden (Rhododendreten), niedere Zwergstrauchheiden (Vaccinieten, Loiseleurio-Cetrarieten) ab. Unverkennbare Einschnitte in die Natur- und Kulturlandschaft stellen die Schipisten dar, mit ihrer eintönigen Artengarnitur (Einsaadmischung mit wenigen autochthonen Arten). Mulden und Flächen mit Hangwasseraustritten zeichnen sich durch Niedermoorbildungen (*Caricetum goodenowii*, *Trichophorum cespitosum*-Gesellschaften) oder Quellfluren (*Cardamino-Montion*) aus.

Die ersten Krummseggenhorste (*Carex curvula*) treten etwa ab 2100 m NN auf, geschlossene Krummseggenrasen (*Caricion curvulae*) dominieren allerdings erst ab 2500 m NN. Ab dieser Höhenlage sind in Abhängigkeit von der Geländemorphologie vor allem auch die Schneeböden (*Salicetea herbaceae*) zu erwähnen, welche die Muldenlagen und Senken charakterisieren. Die Talflanken sind gekennzeichnet durch Blockschutt (z.B. unterhalb des Festkogel), Schwemmkegel, Feinschutthalden und Moränenflächen. Die steilsten bewachsenen Flanken unterhalb der Granatenwand werden von Elyneten eingenommen. Die Schneegrenze liegt in den Öztaler Alpen bei 3200 m NN. Rasenfragmente der Krummsegge reichen allerdings bis auf 3300 m NN (REISIGL & PITSCHMANN 1958) bzw.

auf 3480 m NN (GRABHERR et al. 1995). *Androsace alpina*, *Ranunculus glacialis*, *Saxifraga oppositifolia* zählen zu den höchststeigenden Blütenpflanzen der Zentralalpen, die bis in die Gipfelflagen vordringen können.



Abb. 1 Das Exkursionsgebiet (Auschnitt aus der Kompaß Wanderkarte „Ötztaler Alpen“, 1:50.000 verändert). Die Exkursionsroute ist mit einem fetten schwarzen Strich eingetragen.

2. Wissenschaftliche Erforschung des Gebietes

Die wissenschaftliche Erforschung des Gebietes begann bereits mit den Exkursionen von KERNER (1863). Im 20. Jahrhundert setzten GAMS, PITSCHMANN und REISIGL die botanischen Studien fort, wobei letztere sich vor allem auch mit den höchststeigenden Pflanzenarten in Höhen von über 3000 m NN beschäftigten (GAMS 1970; PITSCHMANN & REISIGL 1955, 1958; PITSCHMANN et al. 1980). BORTENSCHLAGER (1984) befaßte sich mit der Vegetationsgeschichte des inneren Ötztals. Unter den Kryptogamenforschern sind vor allem ARNOLD (1868-1897), SCHMIDLE (1895, 1896), BESCHEL (1950), POELT (1953), Ettl (1968, 1970), HOFMANN et al. (1988), LENZENWEGER et al. (1997) zu nennen.

Im Rahmen des MaB-Projektes Obergurgl (PATZELT 1987) wurde die flächenmäßig wohl bedeutendste Gesellschaft der oberen alpinen Stufe – das Caricetum curvulae (Krummseggenrasen auf Silikat) - entsprechend untersucht. Die Hohe Mut (2659 m NN) war der locus classicus des MaB-Projektes in den 70er und 80er Jahren. Aus dieser Zeit stammen die grundlegenden vegetationskundlichen (REISIGL 1987, DUELLI 1977, 1987), bodenökologischen (NEUWINGER 1987), zoologischen (JANETSCHKEK et al. 1987, JANETSCHKEK 1987), mikrobiologischen (MOSER et al. 1987) und klimatologischen Untersuchungen (ROTT 1987, STAUDINGER 1987). Daneben wurden aber auch die ersten Produktions- und Reproduktionsstudien, trampling-Experimente (GRABHERR et al. 1978, 1980, GRABHERR 1981, 1987a,b), phänologischen Untersuchungen und Studien zur Auswirkung des Schibetriebes (HOFER 1979, 1981) durchgeführt. Die Mykorrhizierung in der alpinen Grasheide und der Stickstoffhaushalt standen in den Untersuchungen von READ & HASELWANDTER (1981) bzw. HOLZMANN & HASELWANDTER (1988) im Mittelpunkt.

Die Gletschervorfeldforschung begann in den Jahren 1956-1962: JOCHIMSEN untersuchte die Sukzession der Gletschervorfelder des Rotmoos- und des Gaisbergferners und erstellte Vegetationskarten für die beiden Gebiete (JOCHIMSEN 1962, 1963, 1970). Im Jahre 1991 wurde die Kartierung wiederholt: WIEDEMANN (1991) beschrieb die Veränderung der Vegetation des Gaisbergtales, RUDOLPH (1991) jene des Rotmoostales.

Seit 1995 läuft ein breit angelegtes Projekt im Gletschervorfeld des Rotmoosferners. Die Schwerpunkte umfassen vegetationskundliche, populationsbiologische, zoologische und limnologische Aspekte. Das botanische Projekt verfolgt das Ziel, die Besiedlungsprozesse im Bereich der unterschiedlichen Moränenstadien zu erforschen und das Wachstum der Pionier- und Folgearten unter aktuellen und veränderten Klimabedingungen zu beobachten (ERSCHBAMER 1997, ERSCHBAMER et al. 1997, KNERINGER 1998, RAFFL 1999, NIEDERFRINIGER-SCHLAG & ERSCHBAMER 2000, NIEDERFRINIGER-SCHLAG in Vorber., MALLAUN in Vorber.).

3. Klima

FLIRI (1975) zählt die Ötztaler Alpen zur nördlichen Klimaregion mit kontinentalem Charakter. Das innere Ötztal weist auf Grund der vielen vorgelagerten Bergketten relativ geringe Jahresniederschläge und eine relativ geringe winterliche Schneedecke auf. Die mittleren Jahresniederschläge betragen in Obergurgl (1930 m NN) 807 mm: 146 mm im Winter, 147 mm im Frühjahr, 311 mm im Sommer und 203 mm im Herbst. Die durchschnittliche Schneehöhe beträgt 48 cm, die maximale 200 cm. Die Anzahl der Tage mit Schneebedeckung beträgt durchschnittlich 196 (FLIRI 1975, PATZELT, unveröff.).

Das Gebiet ist thermisch außerordentlich begünstigt im Vergleich zu Nordstaulagen in ähnlicher Seehöhe: die Temperaturen sind bis zu 4°C höher. Die Jahresmitteltemperatur beträgt 2,3°C. Tab. 1 zeigt Jahresgänge der Temperatur und des Niederschlags in Obergurgl von 1996 bis 1999.

Im Rahmen des MaB-Projekts wurden Mikroklima-Parameter auf der Hohen Mut (2580 m NN) und im Bereich einer Mähwiese in Obergurgl (1960 m NN) erhoben. Abb. 2 vergleicht die Tagesgänge der Strahlung, der Temperatur, des Dampfdruckes und der Windgeschwindigkeit der beiden Stationen.

Obergurgl: Niederschlagssummen (mm)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1996	21	23	41	41	104	81	92	144	41	166	171	18
1997	12	37	46	60	55	150	81	67	23	62	90	65
1998	32	12	44	123	30	119	119	77	94	137	57	32
1999	46	136	67	62	141	110	76	97	135	49	94	80

Obergurgl: Temperaturmittel (°C)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1996	-2.1	-6.9	-3.8	1.8	6.1	10.5	10.6	10.0	4.8	3.5	-1.4	-3.7
1997	-2.7	-2.8	-0.7	-1.8	5.6	8.8	9.3	11.3	9.1	3.3	-0.8	-3.7
1998	-4.4	-1.0	-3.5	0.6	5.8	9.7	11.3	11.3	6.4	2.5	-5.1	-4.9
1999	-3.8	-7.9	-2.5	0.4	6.9	7.9	11.2	10.7	9.0	3.8	-3.9	-5.5

Tab. 1 Niederschlagssummen und Monatsmittel der Temperatur in Obergurgl (1930 m NN) für die Jahre 1996 – 1999 (Quelle: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Innsbruck)

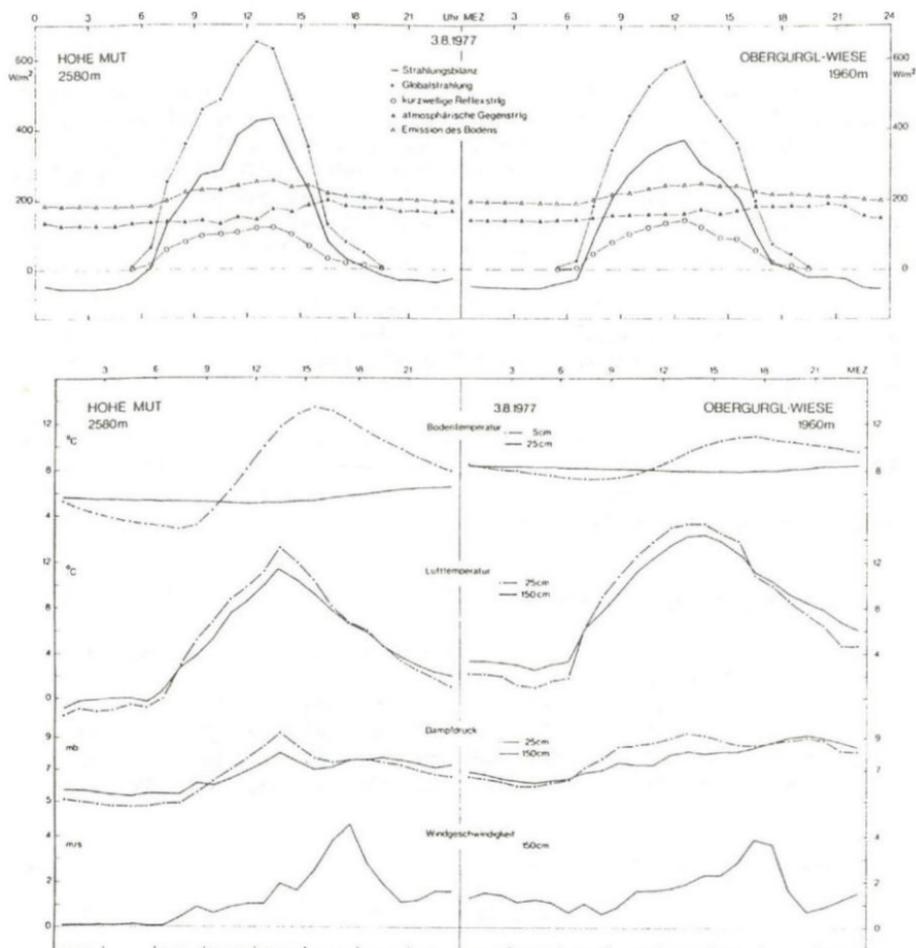


Abb. 2 Tagesgänge der Strahlungsflüsse, der Boden- und Lufttemperatur, des Dampfdruckes und der Windgeschwindigkeit an den Stationen Hohe Mut (2580 m NN) und Obergurgl (1960 m NN). Quelle: ROTT 1987.

Das Gletschervorfeld des Rotmoosferners (2400 m NN) weist höhere Jahresniederschläge und wesentlich tiefere Temperaturen im Vergleich zu Obergurgl auf. Für den Zeitraum 1.10.1996 bis 30.9.1997 wurden beispielsweise 1432 mm gemessen (Regentotalisator in 2680 m NN, Hydrographischer Dienst des Landes Tirol), d.h. am Gletscherrand gab es um ca. 540 mm mehr Niederschlag als in Obergurgl. Abb. 3 zeigt die Niederschlagsereignisse, die Lufttemperaturen in 2 m Höhe und die Bodentemperaturen in 2 cm Tiefe für die Vegetationsperioden 1996 bis 1998.

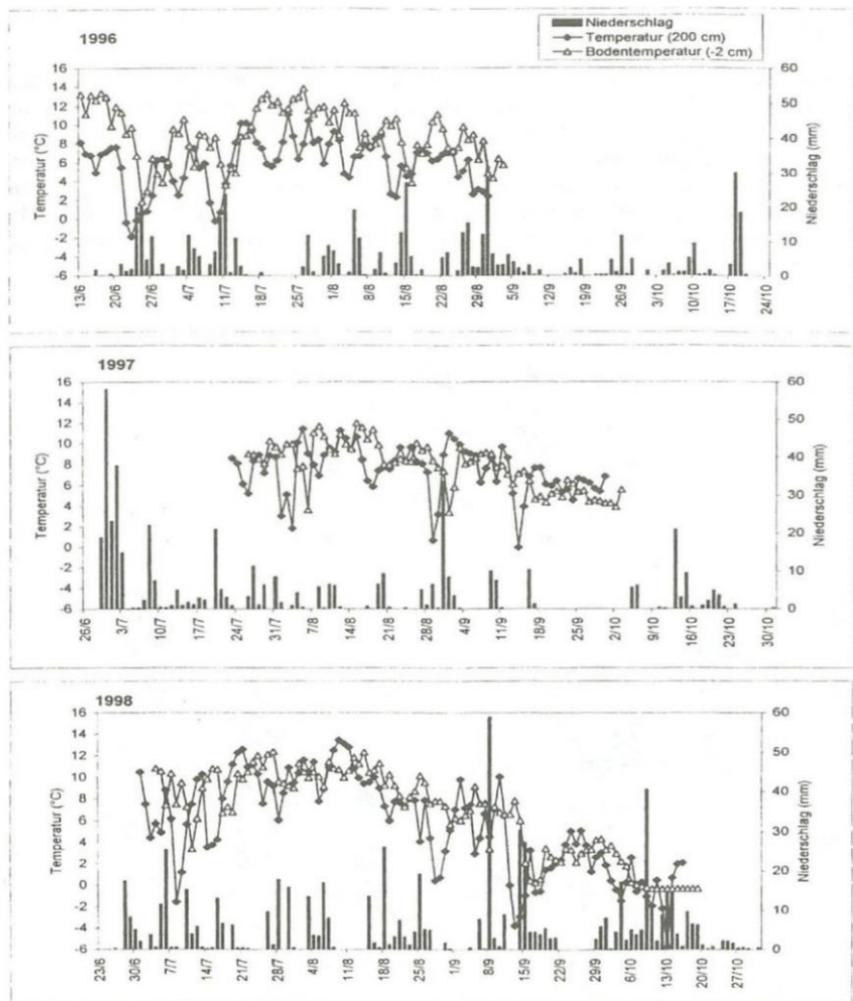


Abb. 3 Niederschläge (Quelle: R. KAUFMANN, Zoologie), Lufttemperaturen in 2 m Höhe und Bodentemperaturen in 2 cm Tiefe (Quelle: B. ERSCHBAMER) für die Vegetationsperioden 1996 – 1998 im Gletschervorfeld des Rotmoosferners.)

4. Geologie

Geologisch zählt das Exkursionsgebiet zum Ötztal-Stubai-Komplex (HOINKES & THÖNI 1993). Saure Gneise und Glimmerschiefer herrschen vor. Der Schneeberg-Komplex (FRANK et al. 1987) durchzieht mit seinen Granatglimmerschiefen, Hornblendegarbenschiefen und Marmoren von NE nach SW die hinteren Talbereiche des Gaisberg- und Rotmoostales. Das Nebeneinander von Kalk- und Silikatzeigern ist daher vor allem für die Moränenbereiche der beiden Täler charakteristisch.

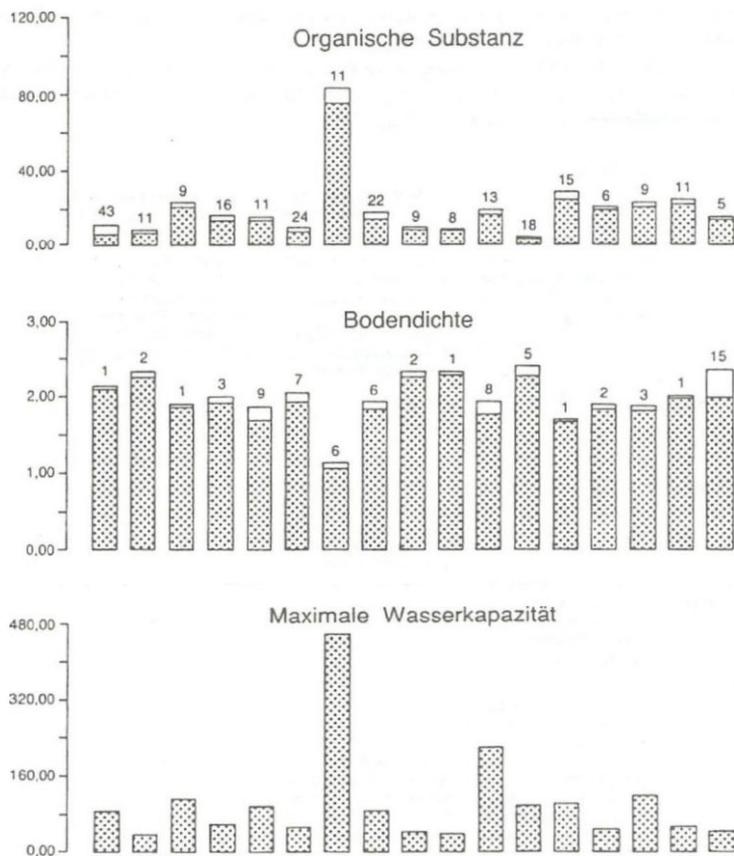
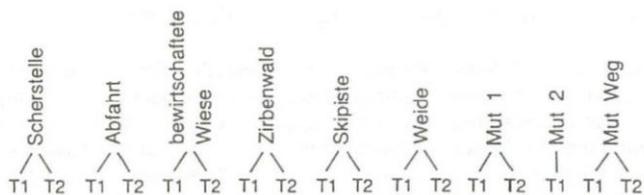


Abb. 5 Organische Substanz (Gew. %), Bodendichte (g/cm³) und maximale Wasserkapazität (in % Trockengewicht) und Standardabweichung für neun Probenstellen im Bereich von Obergurgl und der Hohen Mut (aus MOSER et al. 1987)

6. Tourismusinduzierte Störungen oberhalb der Waldgrenze

Nach GRABHERR (1987b) zeigen sich oberhalb der Waldgrenze folgende tourismusinduzierte Störfaktoren: Trittbelastung, Erdbewegungen durch Schipistenplanie, Scherwirkung durch Schikanten. Die Schipistenplanie kam zumindest in früheren Zeiten meist einer vollständigen Zerstörung des Humushorizontes und der Pflanzendecke gleich. Die so entstandenen Barflächen stellten einerseits Angriffsflächen für die Erosion dar, andererseits aber auch Regenerationsflächen, an denen Sukzessionsprozesse starteten. Auf Grund zahlreicher Beobachtungen versuchte GRABHERR (1987b) die artspezifischen Reaktionen auf Störungen oberhalb der Waldgrenze zu definieren und faßte dabei folgende Gruppen zusammen: Abnehmer, Zunehmer, Einwanderer, Stabile (Tab. 2).

Die Trittbelastung durch die Sommertouristen wird von den einzelnen Arten unterschiedlich gut toleriert: *Carex curvula* scheint hohes trampling auszuhalten, während Strauchflechten und krautige Arten äußerst sensibel reagieren (Tab. 2).

	Schipistenplanie	Scherstellen (Oberboden z.T. noch vorhanden)	Tritflächen (bis max. 150 Überschreitungen pro Tag und Saison)
Abnehmer	stark totale Zerstörung der Vegetation; meist Abtrag des Bodenprofils bis zum Muttergestein	Flechten, <i>Vaccinium vitis-idaea</i> , <i>Veronica bellidioides</i> , <i>Oreochloa disticha</i> , <i>Agrostis rupestris</i> , <i>Festuca halleri</i> , <i>Loiseleuria procumbens</i> , <i>Tanacetum alpinum</i>	Flechten, bes. Strauchflechten; <i>Tanacetum alpinum</i> , <i>Leontodon helveticus</i> , <i>Phyteuma hemisphaericum</i> , breitblättrige Gräser und Moose
	mäßig	<i>Carex curvula</i> <i>Avenochloa versicolor</i>	schmalblättrige Gräser <i>Gnaphalium supinum</i>
Zunehmer	stark keine	keine	keine
	mäßig keine	<i>Euphrasia minima</i> , <i>Phyteuma hemisphaericum</i> (gilt nur bei Schutz durch feinmaschiges Netz)	keine
Einwanderer	stark <i>Tanacetum alpinum</i> , <i>Agrostis schraderiana</i> , <i>Trifolium pallescens</i> , <i>Cerastium uniflorum</i>	keine	keine
	mäßig viele Arten; zum Beispiel <i>Lotus alpinus</i> , <i>Ranunculus glacialis</i> , <i>Linaria alpina</i> , <i>Deschampsia caespitosa</i> , <i>Festuca nigrescens</i> , <i>Agrostis tenuis</i> , <i>Solidago minuta</i> , <i>Potentilla erecta</i> , <i>Gnaphalium norvegicum</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Polytrichum cf. formosum</i>	<i>Poa alpina</i> , <i>Hieracium alpinum</i> , <i>Silene rupestris</i> , <i>Vaccinium gaultherioides</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Loiseleuria procumbens</i>	keine
Stabile	keine	<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	<i>Carex curvula</i> <i>Ligusticum mutellina</i>

Es wurden nur Arten in die Tabelle aufgenommen, bei denen aufgrund zahlreicher Beobachtungen eine eindeutige Zuordnung zu den einzelnen Kategorien möglich war. Die einzelnen Kategorien sind so zu verstehen, daß zum Beispiel „Abnehmer“ dadurch gekennzeichnet sind, daß sowohl Individuenzahl, Biomasse und/oder Reproduktionsfähigkeit abnehmen. Die anderen gelten sinngemäß.

Tab. 2 Reaktionen der Arten auf tourismusinduzierte Störfaktoren (Schipistenplanie, Scherstellen, Tritflächen).
Quelle: GRABHERR (1987b)

7. Populationsbiologie von *Carex curvula*

Carex curvula ist eine der bestuntersuchten alpinen Pflanzenarten. Mit ihren ± dichten Horsten dominiert sie in der alpinen Stufe der silikatischen Zentralalpen. Die Vermehrung erfolgt (heute) hauptsächlich vegetativ. Blatt- und Triebbildung setzt intravaginal an, d.h. innerhalb der Blattscheiden, aus der Achsel eines alten Laubblattes. Die alten abgestorbenen Triebe bilden ein Blattscheidenpaket und bleiben als Faserschöpfe über 5-10 Jahre (GRABHERR et al. 1978) hinweg erhalten. Die Autoren ermittelten eine Bildungsrate von 2 neuen Blättern pro Jahr, die Blätter werden 2-3 Jahre alt.

Die Wandergeschwindigkeit des Horstes beträgt nur 0,9 mm pro Jahr (GRABHERR et al. 1978). SAUBERER (1994) ermittelte das Alter einzelner *Carex curvula*-Ringsysteme im Bereich der Hohen Mut und errechnete 26 – 114 Jahre je nach Größe (Radien der entsprechenden Ringe: 23 – 80 mm). STEINGER et al. (1996) stellten am Bidmer (Furkapaß, Schweiß) fest, daß *Carex curvula*-Klone bei einem Klonalter von etwa 80-100 Jahren etwa 1 m² Größe aufwiesen.

Die Lebensdauer von Triebpopulationen wurde für unterschiedliche Wuchsorte im Ahrntal (Südtiroler Seite des Alpenhauptkammes) hochgerechnet, wobei sich population half-lives (Halbwertszeiten des Lebens einer Population) von 9,9 Jahren (*Carex curvula* im Schneeboden) bzw. 5,8 Jahren (Rasen) ergaben (ERSCHBAMER 1996).

Carex curvula zählt zu den Frühblühern, allerdings ist die Blütenbildung in manchen Jahren bzw. insbesondere in geschlossenen Beständen sehr stark eingeschränkt. GRABHERR et al. (1978) fanden lediglich 0,25 % Blühtriebe pro Untersuchungsfläche, ERSCHBAMER et al. (1994) stellten in einem relativ guten Jahr bis zu 9 % Blühtriebe fest.

Die spezifische annuelle Reproduktionsdauer (= die im Durchschnitt benötigte Zeitspanne zwischen Befruchtung und Samenreife) betrug im Jahre 1992 beispielsweise 7-8 Wochen (ERSCHBAMER et al. 1994), der Embryo blieb allerdings primär dormant. Im Laborversuch konnte eine Keimung erst durch die Entfernung des Perikarps und durch eine Behandlung mit Gibberellinsäure erreicht werden (Experimente von J. WAGNER). Keimlinge konnten im Gelände in all den Untersuchungsjahren nicht gefunden werden, was sicherlich zum Großteil auf die enorme unterirdische Raumbesetzung zurückzuführen sein dürfte. Das Verhältnis von unterirdischer zu oberirdischer Biomasse (bei Vernachlässigung der oberirdischen Flechten) beträgt ca. 18 : 1 (GRABHERR 1987 a).

SAUBERER (1994) zählte lebende und tote Triebe von *Carex curvula* in unterschiedlichen Gesellschaften auf der Hohen Mut und ermittelte für das Caricetum curvulae ein Verhältnis von lebend : tot = 1 : 1, für das Loiseleurio-Caricetum curvulae 0.6 : 1, für das Hygrocaricetum 1 : 2 (Tab. 3).

Triebe von *Carex curvula*

	lebend/m ²	tot/m ²	gesamt/m ²
Caricetum curvulae	4007.5	3968.5	7976.0
Loiseleurio-Caricetum curvulae	1129.0	1911.0	3040.0
Hygrocaricetum curvulae	1939.0	950.0	2789.0

Tab. 3 Anzahl der lebenden und toten Triebe pro m² an 3 Standorten von *Carex curvula* im Bereich der Hohen Mut (aus SAUBERER 1994)

8. Die Vegetationstypen im Bereich der Hohen Mut

8.1. Krummseggenrasen (Caricion curvulae, Caricetalia curvulae, Caricetea curvulae)

Der Krummseggenrasen (*Caricion curvulae*) kann entlang eines Höhen- bzw. eines Schneegradienten in folgende Assoziationen gegliedert werden:

8.1.1. Carici curvulae-Nardetum Oberd. 1959 (Syn: Nardo-Curvuletum)

Typisch ist das kodominante Auftreten von *Carex curvula* und *Nardus stricta* in Weiderasen der unteren alpinen Stufe (2200 – 2500 m NN). Nach OBERDORFER (1959) ist die Gesellschaft im gesamten Alpenraum auf Silikat im Kontakt zum typischen Caricetum *curvulae* zu beobachten. Der Bodentyp ist in der Regel eine Rasenbraunerde.

Typische Artengarnitur auf der Hohen Mut: *Nardus stricta*, *Carex curvula*, *Poa alpina*, *Homogyne alpina*, *Leontodon helveticus*, *Ligusticum mutellina*, *Taraxacum alpinum*, *Phyteuma hemisphaericum*, *Potentilla aurea*, *Cerastium cerastoides*.

8.1.2. Loiseleurio-Caricetum curvulae Pitschmann et al. 1980 (Syn. Curvuletum loiseleurietosum)

Der Windkantenrasen mit Krummsegge bestimmt vor allem die NE-exponierten Kanten auf ca. 2500 – 2600 m NN der Hohen Mut. Der Bodentyp wurde von NEUWINGER (1987) als Zwergpodsol eingestuft – Übergänge zu Braunerde sind allerdings fließend.

Auffallend ist vor allem die Präsenz der Zwergsträucher: *Loiseleuria procumbens*, *Vaccinium gaultherioides*, *Vaccinium vitis-idaea* und der Flechten: *Alectoria ochroleuca*, *Thamnia vermicularis*, *Cetraria islandica*, *C. nivalis*, *C. cucullata*, *Cladonia arbuscula*, *Cladonia rangiferina*. Im Bereich der Hohen Mut ist häufig auch *Lloydia serotina* beigemischt. Extremere Kantenlagen weisen *Juncus trifidus* (grobblockiges, felsiges Gelände) oder *Kobresia myosuroides* (Feinerdeansammlungen) auf.

8.1.3. Caricetum curvulae Rübél 1911 (Syn. Curvuletum typicum, inclusive Primulo-Caricetum curvulae)

Der Verbreitungsschwerpunkt dieser Gesellschaft liegt in Österreich im Bereich des Alpenhauptkammes (GRABHERR 1993). Geschlossene Rasen sind zwischen 2500 und 2800 m NN ausgebildet.

Als Bodentyp ist eine flachgründige Rasenbraunerde vorherrschend (NEUWINGER 1987).

Die Phytomasse setzt sich laut GRABHERR et al. (1978) vor allem aus Strauchflechten (64 %), Cyperaceae und Poaceae (21 %), Moosen (9 %) und Kräutern (6 %) zusammen.

Carex curvula dominiert. Weitere charakteristische Arten des Krummseggenrasens: *Oreochloa disticha*, *Agrostis rupestris*, *Avenula versicolor*, *Festuca halleri*, *Leontodon helveticus*, *Veronica bellidioides*, *Homogyne alpina*, *Senecio incanus* subsp. *carniolicus*, *Silene exscapa*, *Phyteuma hemisphaericum*, *Leucanthemopsis alpina*, *Minuartia sedoides*, *Pedicularis kernerii*, *Pulsatilla vernalis*, *Cetraria islandica*, *C. nivalis*, *C. cucullata*, *Cladonia arbuscula*, *Thamnia vermicularis*.

8.1.4. *Hygrocaricetum curvulae* Braun 1913 (Syn. *Hygrocurvuletum*)

Die Charakterart dieser chionophilen Krummseggenrasen ist *Primula glutinosa*. Weitere typische Arten sind *Gnaphalium supinum*, *Sibbaldia procumbens*, *Soldanella pusilla*, *Salix herbacea*, *Polytrichum norvegicum*. Der Rasen ist etwa zwischen 2500 und 2800 m NN an lange schneebedeckten Flächen ausgebildet.

Im Exkursionsgebiet sind fließende Übergänge zwischen diesen Assoziationen zu beobachten. Tab. 4 zeigt Aufnahmen aus dem Exkursionsgebiet (Intensivstation des MaB-Projektes, REISIGL 1987). Die Lage der Aufnahmeflächen im Gelände und das Vegetationsmosaik im Bereich des Mut-Rückens ist in Abb. 6 verdeutlicht (REISIGL 1987).

Aufnahme-Nr.	1	2	3	4
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	-	r	-	-
<i>Loiseleuria procumbens</i>	4	2	-	-
<i>Carex curvula</i>	+	3	5	4-5
<i>Avenula versicolor</i>	+	1	+	1
<i>Agrostis rupestris</i>	+	+	-	-
<i>Oreochloa disticha</i>	+	+	-	-
<i>Poa alpina</i>	-	-	+	-
<i>Festuca halleri</i>	-	+	-	+
<i>Polygonum viviparum</i>	1	1	-	-
<i>Veronica bellidioides</i>	-	+	1	2
<i>Cetraria islandica</i>	1	+	+	2
<i>Cetraria cucullata</i>	1	r	-	-
<i>Cladonia sylvatica</i>	-	-	-	+
<i>Primula glutinosa</i>	1	+	-	-
<i>Salix herbacea</i>	1	+	-	-
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	-	+	+	-
<i>Minuartia sedoides</i>	+	-	+	+
<i>Silene acaulis</i>	+	-	-	-
<i>Pulsatilla vernalis</i>	-	-	-	+
<i>Leontodon helveticus</i>	-	+	1	+
<i>Homogyne alpina</i>	-	-	1	r
<i>Potentilla aurea</i>	-	-	1	-
<i>Taraxacum cf. alpinum</i>	-	-	1	-
<i>Sempervivum montanum</i>	-	-	-	+
<i>Senecio carniolicus</i>	-	-	-	r
<i>Saxifraga bryoides</i>	-	-	+	-
<i>Euphrasia minima</i>	-	+	-	-
<i>Geum montanum</i>	-	-	-	+
<i>Ligusticum mutellina</i>	-	-	-	+
<i>Gnaphalium supinum</i>	-	-	-	r
<i>Sibbaldia procumbens</i>	-	-	+	-
<i>Arenaria biflora</i>	-	-	+	-
<i>Polytrichum norvegicum</i>	r	+	-	+
Flechten gesamt	2	+	+	2

In Aufnahme Nr. 1 außerdem noch mit (+): *Alectoria ochroleuca*, *Stereocaulon sp.*, *Thamnochloa*.

Aufnahme Nr. 1: Unterhalb des Steiges nördl. Stationshütte: *Loiseleurietum curvuletosum*, D = 60–80 %, Neigung 30°, Exp. Ost.

Aufnahme Nr. 2: Oberhalb des Steiges *Curvuletum loiseleurietosum*, D = 80–90 %, Neigung 15°.

Aufnahme Nr. 3: Neben der Wetterhütte, kräuterreiches *Curvuletum*, D = 95 %, flache Kuppe, beweidet.

Aufnahme Nr. 4: *Curvuletum typicum*, D = 100 %, Neigung 15°, Exp. W.

Tab. 4 Vegetationsaufnahmen aus dem Gebiet der Intensivstation Hohe Mut (2590m NN) - MaB-Projekt (aus REISIGL 1987).

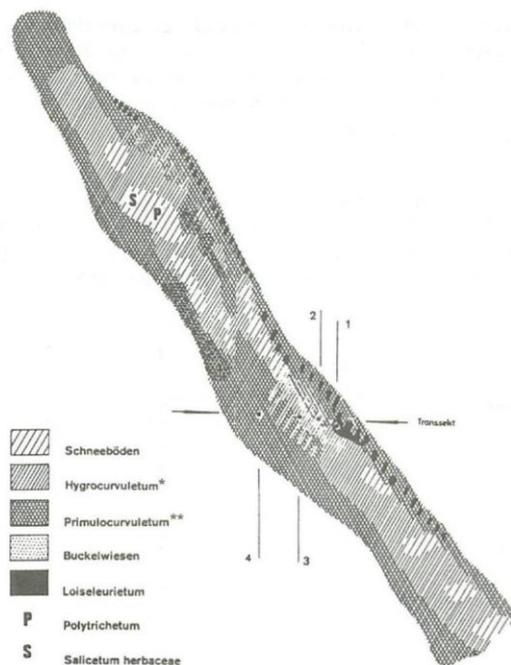


Abb. 6 Vegetationskarte des Mutrückens: 1-4 = Aufnahmen in Tab. 4 (aus REISIGL 1987).

* Das Hygrocurvuletum nach REISIGL (1987) entspricht dem Hygrocaricetum curvulae Braun 1913

** Das Primulocurvuletum (REISIGL 1987) wird nach GRABHERR (1993) zum Caricetum curvulae Rübél 1911 gerechnet.

8.2. Schneeböden (*Salicetea herbaceae*)

Flächen, die eine sehr lange Schneebedeckung aufweisen (7-11 Monate, teilweise sogar ganzjährige Schneedecke), sind im Bereich der Hohen Mut in Muldenlagen häufig zu finden. Auch hier lassen sich jedoch fließende Übergänge vor allem zum Hygrocaricetum curvulae beobachten (7-8 Monate schneefrei). Im Exkursionsgebiet sind zwei Gesellschaften ausgebildet: *Salicetum herbaceae*, *Polytrichetum sexangularis*.

8.2.1. *Salicetum herbaceae* Rübél 1911

Die schneefreie Zeit beträgt etwa 3-4 Monate. Als Bodentypen treten nach NEUWINGER (1987) typische Frostgleye sowie Übergangsformen auf, die als Pseudogley-Braunerden angesprochen werden können.

Typische Artengarnitur: *Salix herbacea*, *Leucanthemopsis alpina*, *Persicaria vivipara*, *Polytrichum sexangulare*, *Taraxacum alpinum* agg., *Sedum alpestre*, *Sibbaldia procumbens*, *Soldanella pusilla*.

8.2.2. Polytrichetum sexangularis Frey 1922

Die Aperaturzeit beträgt etwa 1-2 Monate. Die lange Schneebedeckung verhindert eine Weiterentwicklung der Gesellschaft zum Salicetum herbaceae.

Typische Artengarnitur: *Polytrichum sexangulare*, *Arenaria biflora*, *Pohlia*, *Anthelia juratzkana*, *Gnaphalium supinum*, *Soldanella pusilla*, *Leucanthemopsis alpina*, *Taraxacum alpinum* agg.

Auf länger schneebedeckten Böden dominieren Arten der Lebermoos-Gattungen *Pohlia* und *Anthelia*.

9. Das Gletschervorfeld des Rotmoosferners

Der Gletscherstand von 1858 (Abb. 7) stellt die größte sichtbare postglaziale Ausdehnung des Rotmoosferners dar (PATZELT & BORTENSCHLAGER 1978a, b), bei einem Ausmaß von ca. 4,6 km². Die \pm regelmäßigen Vermessungen des Gletscherrückgangs die vom Österreichischen Alpenverein seit 1891 (Abb. 8) durchgeführt wurden, zeigen mit wenigen Ausnahmen (z.B. 1916 – 1922 bzw. 1980, 1981, 1986) einen kontinuierlichen Rückgang des Gletschers.

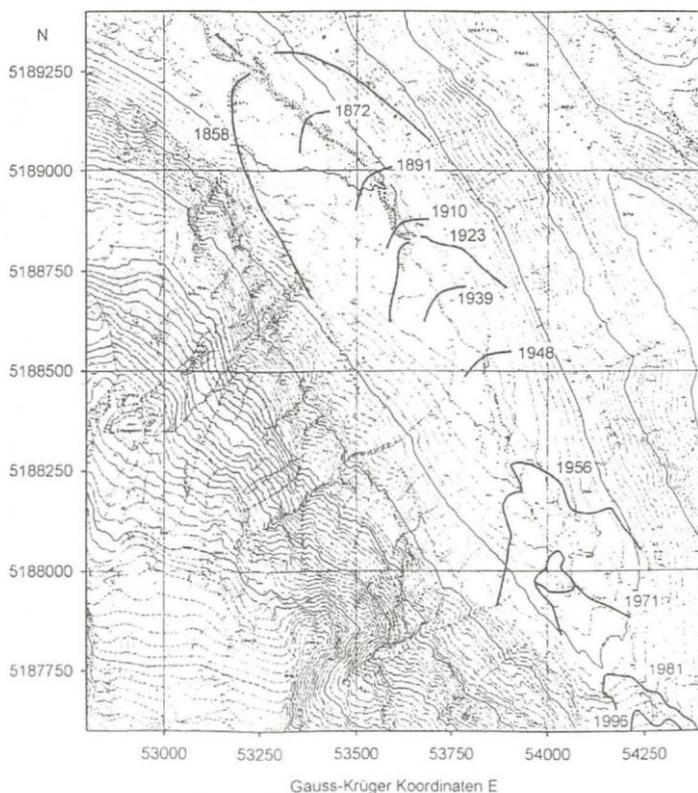


Abb. 7 Gletscherstände im Vorfeld des Rotmoosferners entlang der Gauss-Krüger Koordinaten (Datierung: PATZELT 1995, JUEN 1998)

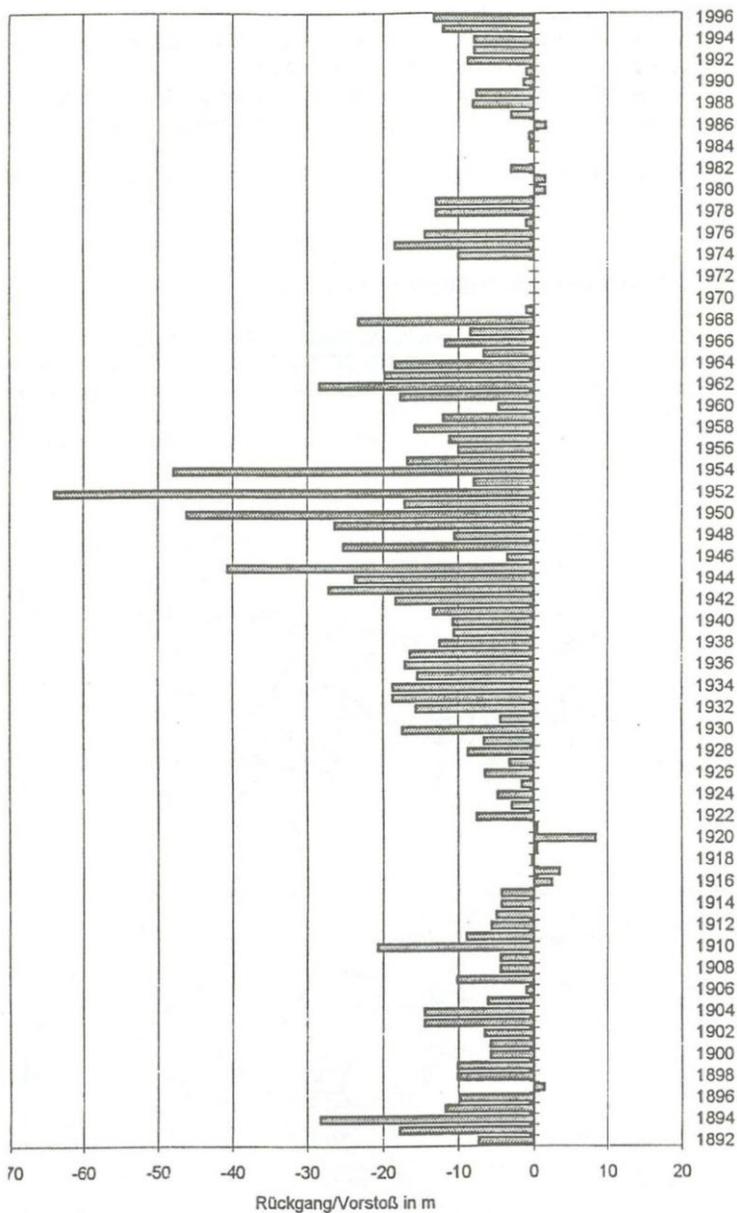


Abb. 8 Rotmoosferner: Schwankungen des Gletscherstandes von 1891 bis 1996 (aus JÜEN 1998)

9.1. Böden im Bereich des Gletschervorfeldes

Rezente Moränen weisen einen alpinen Lockersyrosem (Gesteinsrohboden) auf (ERSCHBAMER et al. 1999). Der spärliche Bewuchs mit Pionierarten führt zu einem Initialstadium der Bodenentwicklung über lockerem Ausgangsmaterial (A_1). Unter *Saxifraga aizoides* kann bereits ein geringmächtiger Syrosemhumus (Rohbodenhumus: O_1 und in Spuren O_t) beobachtet werden.

Der Boden auf der Moränenfläche 1956/57 ist ebenfalls noch nicht über ein Initialstadium hinaus entwickelt. Allerdings läßt sich im Bereich der Arten, die bereits eine größere Deckung aufweisen (z.B. unter *Salix retusa*), eine Humusansammlung von einigen Millimetern feststellen (O_1 und O_t).

Im Bereich der Grundmoräne von 1923 kann ein alpiner Schwemmboden mit Rohbodenhumus festgestellt werden, wobei in 7-8 cm Tiefe eine Übersandung durch den Gletscherbach auffällt.

Im Seitenmoränenbereich von 1923 wurde eine alpine Pararendzina identifiziert mit einem Humushorizont von 3-4 cm Mächtigkeit, die durchaus vergleichbar ist mit jener des Grundmoränenbereiches von 1858 (ERSCHBAMER et al. 1999). Selbst im ältesten Moränenstadium ist die Bodenbildung nicht wesentlich weiter fortgeschritten.

Die Ergebnisse der Korngrößenbestimmung (Abb. 9) verdeutlichen den generell hohen Sandanteil in allen Moränenflächen. Die vom Gletscherbach immer wieder beeinflussten Flächen der Grundmoräne 1923 sind bezüglich Sandanteil mit jenen der 1971er Moräne vergleichbar (> 80 %). Mit zunehmendem Moränenalter sinkt jedoch der Sandgehalt des Bodens. Bereits im Bereich der Seitenmoräne von 1923 sind nur noch rund 78 % Sand bestimmt worden, im Bereich der Grundmoräne von 1858 73 % und auf der Seitenmoräne 1858 68 %. Diese Standorte unterscheiden sich signifikant von den jüngeren Moränenflächen. Außerhalb der Moräne, am Hohe Mut-Seitenhang (Hohe Mut S), konnte nur noch ein Sandanteil von rund 59 % nachgewiesen werden (Abb. 9).

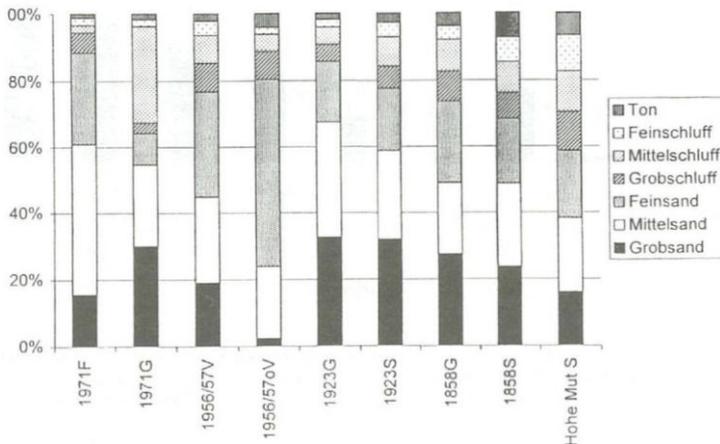


Abb. 9 Korngrößenfraktionen in % auf den einzelnen Moränenflächen (1971F = Feinschluff, 1971G = Grobschluff, V = mit Vegetation, oV = ohne Vegetation, G = Grundmoräne, S = Seitenmoräne) bzw. auf den Flächen außerhalb des Gletschervorfeldes im Bereich des Hohe Mut-Seitenhanges (= Hohe Mut S). Quelle: ERSCHBAMER et al. (1999)

Bezüglich Schluffgehalt ist der entgegengesetzte Trend sichtbar: bei höherer Vegetationsdeckung liegt auch ein höherer Schluffgehalt vor. Der höchste Schluffgehalt wurde außerhalb der Moräne am Hohe Mut-Seitenhang verzeichnet (36 %). Ähnliche Aussagen können für den Tongehalt getroffen werden, wobei interessanterweise die offenen Flächen der 1956/57er Moräne mehr Ton aufwiesen als die vegetationsbedeckten Flächen (2,2 bzw. 4,3 %).

Betrachtet man die organische Substanz (Abb. 10), so gilt hier derselbe Trend wie für die Schluff- und Tongehalte. Die vegetationsbedeckten Flächen der 1956/57er Moräne weisen erstaunlich hohe Gehalte an organischer Substanz auf (5 %). Insgesamt ist eine relativ rasche Zunahme der Werte mit zunehmendem Moränenalter festzustellen: von 0,3 % auf den jüngsten bis hin zu 9,4 % auf den ältesten Moränen. Mit 11,8 % ist der Wert für den Hohe Mut-Seitenhang am höchsten.

Die pH-Werte spiegeln den Grad der Bodenentwicklung sehr gut wider: die jüngsten Moränenflächen weisen Werte über 7 auf. Dies gilt auch für die vegetationsfreien Flächen im Bereich des Gletscherstandes 1956/57. Bereits auf den 1923er Moränen ist jedoch eine deutliche Abnahme zu verzeichnen (pH 6.54 - 6.44). Die tiefgründigeren Böden der Seitenmoräne von 1858 bzw. jene des Hohe Mut-Seitenhanges weisen deutlich saure Verhältnisse auf mit pH-Werten von 4.81 - 4.30.

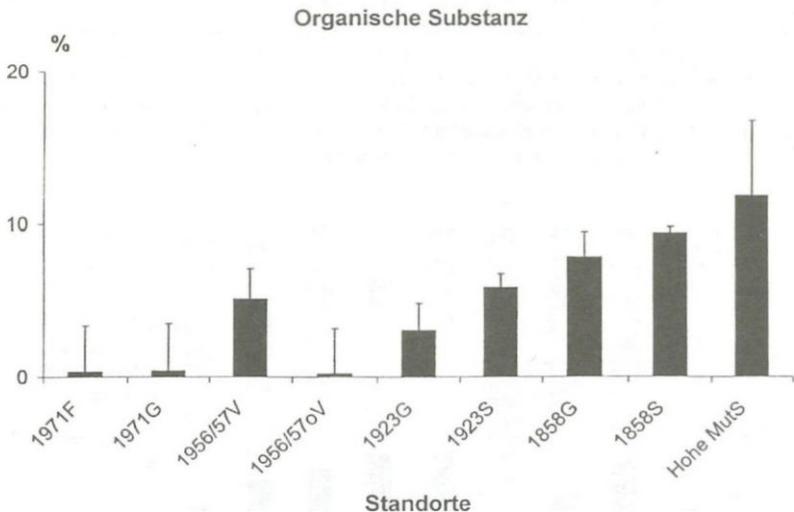


Abb. 10 Organische Substanz (%) in den verschiedenen alten Moränenböden des Gletschervorfeldes (aus ERSCHBAMER et al. 1999). (1971F = Feinschutt, 1971G = Grobschutt, V = mit Vegetation, oV = ohne Vegetation, G = Grundmoräne, S = Seitenmoräne, Hohe MutS = Seitenhang im Bereich der Hohen Mut)

9.2. Die Vegetationsentwicklung im Gletschervorfeld

Die Vegetation des Gletschervorfeldes ist einer fortdauernden Dynamik unterworfen:

- der kontinuierliche Rückzug des Gletschers schafft Neuland für die Besiedelung
- die Substratheterogenität (Kalk, Silikat), die Korngröße und der Faktor Wasser bestimmen die Artengarnitur
- Pioniergemeinschaften werden durch das Aufkommen von Folgearten artenreicher, die Deckung nimmt zu, Folgegesellschaften entwickeln sich
- mit fortschreitender Besiedelung der Flächen setzt die Bodenentwicklung ein
- Lawinen, Seitenbäche, Hochwasserereignisse überformen das Gelände
- neben der Chronosequenz sind daher auch die Toposequenzen zu berücksichtigen
- auf den ältesten Flächen treten bereits späte Sukzessionsarten aspektprägend auf
- selbst nach 150 Jahren Eisfreiheit zeichnet sich allerdings noch kein Endstadium der Sukzession ab

Mit Hilfe von Vegetationskarten kann die Primärsukzession und ihr Verlauf sehr gut dokumentiert werden. Die erste Kartierung von JOCHIMSEN (1970) ist in Abb. 11 dargestellt. Die Autorin versuchte auch, die Stadien der Vegetationsentwicklung und die Beziehungen zwischen den Pflanzengemeinschaften darzustellen (Abb. 12). Diese Entwicklungsreihen haben heute noch Gültigkeit, allerdings scheint jetzt eine weitere Pionierart eine dominante Rolle zu spielen: *Saxifraga oppositifolia*. RUDOLPH (1991) versuchte, die Gesellschaften des Gletschervorfeldes pflanzensoziologisch zu definieren und fertigte ebenfalls eine Vegetationskarte an. Eine Gegenüberstellung der Ergebnisse seiner Untersuchungen mit jenen von JOCHIMSEN (1970) soll die Vegetationsentwicklung im Verlauf von 30 Jahren belegen (Tab. 5, Abb. 13).

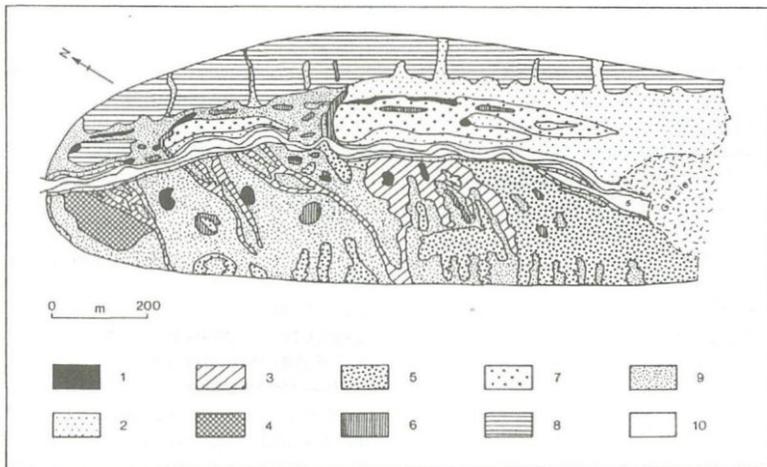


Abb. 11 Vegetationskarte des Gletschervorfeldes im Rotmoostal (Original 1:50.000, JOCHIMSEN 1970, vorliegende Kopie aus MATTHEWS 1992).

- | | | | |
|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 1 <i>Salix herbacea</i> | 2 <i>Saxifraga aizoides</i> | 3 <i>Pohlia gracilis</i> | 4 <i>Festuca pumila/halleri</i> |
| 5 <i>Cerastium uniflorum</i> | 6 <i>Racomitrium canescens</i> | 7 <i>Trifolium pallescens</i> | 8 <i>Kobresia myosuroides</i> |
| 9 <i>Poa alpina</i> | 10 unbewachsen | | |

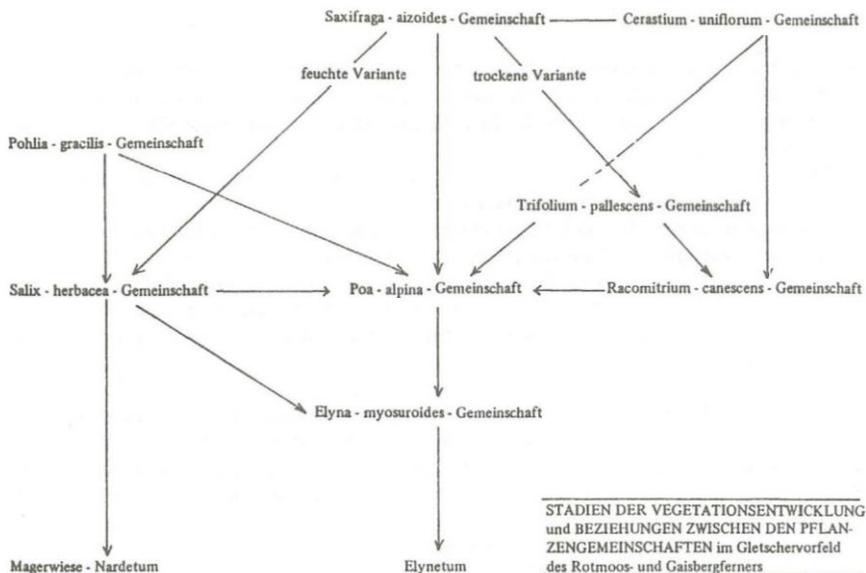


Abb. 12 Sukzessionsreihen im Bereich der Gletschervorfelder des Rotmoos- und des Gaisbergferners nach JOCHIMSEN (1970)

SAXIFRAGA AIZOIDES-Gem.	DRABION-bzw. CRATONEURION-Ges.
CERASTIUM UNIFLORUM-Gem	OXYRIETUM
TRIFOLIUM PALLESCENS-Gem.	TRIFOLIUM PALLESCENS-Stadium
RHACOMITRIUM CANESCENS-Gem.	RHACOMITRIUM CANESCENS-Stadium
SALIX HERBACEA-Gem.	SALICETUM HERBACEAE
POHLIA GRACILIS-Gem.	POHLIA GRACILIS-Stadium
POA ALPINA-Gem.	FESTUCA HALLERI-F. PUMILA-Stadium
MAGERWIESE	NARDION-Ges.
ELYNA-Gem.	ELYNETUM
<u>Neu erfaßt:</u>	LUZULETUM ALPINO-PILOSAE
	SALICETUM HELVETICAE
	CARICETUM FRIGIDAE
	SALIX RETUSA-RETICULATA-Stadium
	DESCHAMPسيا CAESPITOSA-CIRSIIUM
	SPINOSISSIMUM-Komplex

Tab. 5 Gegenüberstellung der Vegetationseinheiten, die für die 60er Jahre (JOCHIMSEN 1970) bzw. für den Beginn der 90er Jahre (RUDOLPH 1991) charakteristisch waren (aus RUDOLPH 1991).

Die Vegetation im Vorfeld des Rotmoosferners

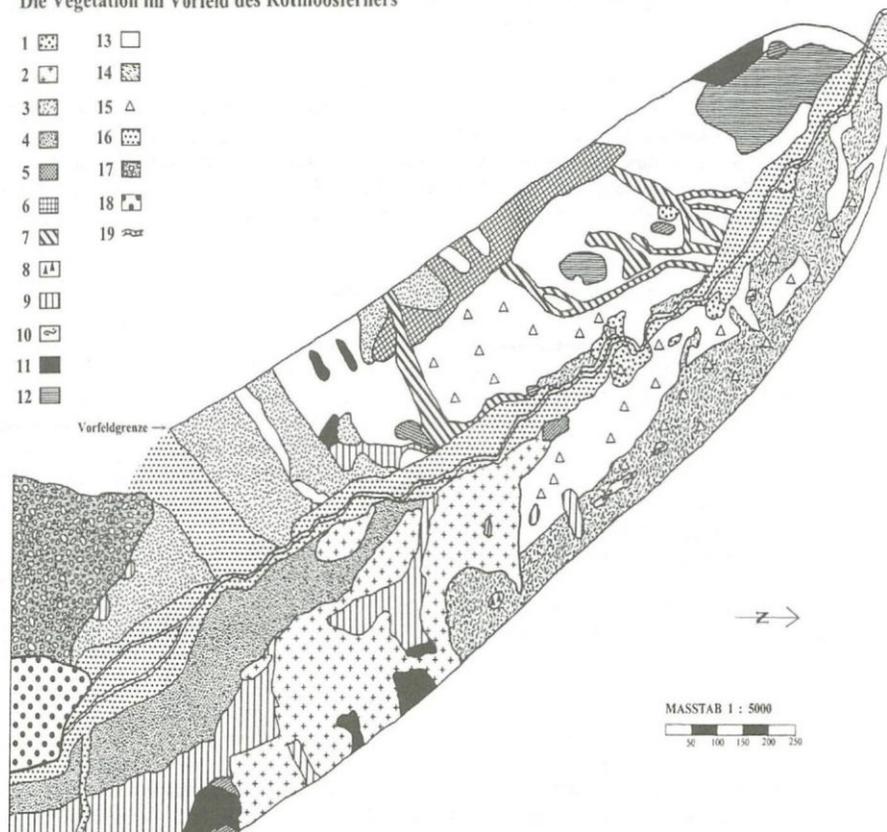


Abb. 13 Die Vegetation des Gletschervorfeldes im Rotmoostal (Stand 1990) nach RUDOLPH (1991)

- | | | |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 <i>Racomitrium canescens</i> -Stadium | 2 <i>Trifolium pallescens</i> -Stadium | 3 <i>Oxyrietum digynae</i> |
| 4 <i>Drabion</i> -Gesellschaft | 5 <i>Salicetum herbaceae</i> | 6 <i>Luzuletum alpino-pilosae</i> |
| 7 <i>Pohlia gracilis</i> -Stadium | 8 <i>Salix retusa-reticulata</i> -Stadium | 9 <i>Cratoneurion</i> -Gesellsch. |
| 10 <i>Caricetum frigidae</i> | 11 Lägerbestände | 12 <i>Nardion</i> -Gesellsch. |
| 13 <i>Festuca halleri</i> -
<i>Festuca pumila</i> -Stadium | 14 <i>Elynetum</i> | 15 <i>Salix helvetica</i> |
| 18 Gletscher | 16 vegetationsfreie Fläche | 17 Felsbereich |
| | 19 Rotmoosache | |

9.3. Die aktuelle Vegetation der orographisch rechten Talseite des Gletschervorfeldes (Stand 1999)

Rezent eisfreie Bereiche (seit ca. 1990 und jünger eisfrei) weisen bereits erste Individuen von Pionierpflanzen auf. *Saxifraga aizoides* kommt vor allem auf gut durchfeuchtetem Schutt und entlang der kleinen Rinnsale auf, *Saxifraga oppositifolia* besiedelt die feinsandigen Flächen, *Cerastium uniflorum* das grobblockige Material. Erstaunlicherweise können allerdings auch bereits Einzelexemplare von *Poa alpina* und *Artemisia genipi* im Bereich der allerjüngsten Moränen vorgefunden werden (RAFFL 1999, MALLAUN in Vorber.).

Die Moränen von 1971 und 1956/57 (Abb. 7) werden von einem Pionierstadium (RAFFL 1999) bestimmt. Die Bestände sind vor allem auf der 1971er Moräne noch sehr lückig (Deckung 15-30 %, Tab. 6). Dominant sind die Pionierarten *Saxifraga oppositifolia*, *Saxifraga aizoides*, *Artemisia genipi*, *Cerastium uniflorum* und *Linaria alpina* (Tab. 6). *Polytrichum piliferum* und *Oxyria digyna* sind auf diese Flächen beschränkt. Folgearten, wie *Trifolium pallescens*, *Poa alpina*, *Minuartia gerardii*, *Stereocaulon alpinum*, *Silene acaulis* agg., *Festuca pumila* und *Racomitrium canescens* sind ebenfalls bereits vorhanden; sie zählen jedoch allgemein zum Artengrundstock des gesamten Gletschervorfeldes. Auf den Moränenflächen 1956/57 ist die Besiedelung wesentlich weiter fortgeschritten als auf jenen von 1971, die Deckung erreicht hier bereits 40-75 %. Eine Vegetationsentwicklung in Richtung Folgestadium zeichnet sich ab.

Die Grundmoräne des Gletscherstandes 1923 (Abb. 7) unterscheidet sich von den jüngeren Moränen vor allem durch eine starke Abnahme der Pioniere (*Saxifraga aizoides*, *Cerastium uniflorum*, *Linaria alpina*, *Trisetum spicatum*, *Arenaria ciliata*, *Arabis caerulea*). *Saxifraga oppositifolia* ist jedoch nach wie vor in allen Aufnahmeflächen vorhanden. Die Gesamtdeckung variiert zwischen 40 und 75 % (Tab. 6).

Die Bestände der Seitenmoräne 1923 fallen durch eine eigene Artengruppe auf: *Gentiana brachyphylla*, *Alchemilla fissa*, *Cerastium holosteoides*, *Trifolium pratense* ssp. *nivale*, *Luzula multiflora* und *L. spicata*, *Salix helvetica*. *Saxifraga aizoides* erscheint hier als Feuchtigkeitszeiger ebenfalls wieder. Eine weitere Artengruppe umfaßt spätere Sukzessionsarten, die auch auf den Moränen 1858 (Grund- und Seitenmoräne; Abb. 7) vorkommen: *Kobresia myosuroides*, *Festuca halleri*, *Androsace obtusifolia*, *Trifolium badium*. Auch auf *Carex sempervirens* sei verwiesen, die in einigen Aufnahmen der Seitenmoräne 1923 und der Grundmoräne 1858 vorkommt. Die Gesamtdeckung liegt im Seitenmoränenbereich bei 60 – 100 %, auf der Grundmoräne 1858 bei 50 – 90 %. Pionierarten sind auf den ältesten Moränenflächen kaum mehr vorhanden. Beide Bestände können als Initialrasen mit *Kobresia myosuroides* und *Agrostis alpina* bezeichnet werden (RAFFL 1999).

Der Seitenhang der Hohen Mut außerhalb des Gletschervorfeldes hebt sich sehr deutlich vom Gletschervorfeld ab. *Carex sempervirens* vermittelt zwar zu den Beständen der Grundmoräne 1858. Typisch ist jedoch eine eigenständige Artengruppe mit *Calluna vulgaris*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Leontodon helveticus*, *Nardus stricta*, *Geum montanum* und *Ligusticum mutellina*. Der Bestand wurde von RAFFL (1999) als *Caricetum sempervirentis* Rübél 1911 charakterisiert.

Moränenflächen und Seitenhang außerhalb des Gletschervorfeldes haben zwar einige wenige Arten gemeinsam (Allgemeine Begleiter, Tab. 6), eine umfangreiche Artengruppe ist allerdings ausschließlich im Gletschervorfeld zu finden (Arten der Moränen, Tab. 6).

Standorte Aufnahme Nr.	1971	1956/57	1923G	1923S	1858G	1858S	Hohe Mut S
	1 2 3 4	5 6 7	1 1 1 1	1 1 1 2 2	3 3 3 3 3	4 4 4 4 4	5 5 5 5 5
			2 8 9 0 1	7 8 9 0 1	4 5 6 7 8	5 6 7 3	4 5 6 7 8
Neigung (°)			1	1 2 3 2 2		2 2 1 2	2 3 5 3 3
	2 2 2 2	6 4 6	5 9 2 2 2	6 6 6 4 6	2 2 2 2 2	5 4 0 0	5 8 5 5 5
Gesamtdeckung (%)	1 2 2 3	7 4 7	7 4 4 4 4	4 7 7 7 4	8 9 5 5 9	8 6 8 7	6 7 6 9 6
	5 0 5 0	5 3 0	5 0 0 0 0	5 5 5 5 0	0 0 8 0 0	0 0 0 5	0 0 0 5 0
<i>Differentialarten-Gruppen</i>							
Saxifraga oppositifolia	a 1 a a	1 a a	1 1 + 1 +	- - - - -	- - - - +	- - - - -	- - - - -
Saxifraga aizoides	a a 1 a	a 1 1	+ - - - -	+ - + + +	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Artemisia genipi	1 + 1 1	a 1 a	1 + + - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Cerastium uniflorum	+ 1 1 +	+ - -	- - - - -	- - - - -	- - + - -	+ - - - -	- - - - -
Linaria alpina	+ + + +	+ - +	+ - - - +	- - - - -	- - - - -	+ - - - -	- - - - -
Arabis alpina	1 1 + -	- - -	+ - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Polytrichum piliferum	+ + 1 -	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Oxyria digyna	- + + +	- - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Arabis caerulea	- 1 + +	+ + 1	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Arenaria ciliata	- 1 + 1	- 1 -	a - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Trisetum spicatum	- - + +	+ + +	- - - - -	- - - - -	+ - - - -	- - - - -	- - - - -
Gentiana brachyphylla	- - - -	- - - -	- - - - -	1 + 1 + +	- - - - -	- - + - -	- - - - -
Alchemilla fissa	- - - -	- - - -	- - - - -	a b a a a	- - - - -	- - + - -	- - - - -
Cerastium holosteoides	- - - -	- - - -	- - - - -	+ + + 1 +	- - - - -	- - - - -	- - - - -
Trifolium pratense nivale	- - - -	- - - -	- - - - -	+ a - a +	a 1 - - -	- - - - -	- - - - -
Luzula multiflora	- - - -	- - - -	- - - - -	+ 1 1 1 +	- + + - -	- - - - -	- - + - -
Salix helvetica	- - - -	b + a	- - - - -	a 4 b 3 a	- - - - -	- - + - -	- - - - -
Luzula spicata	- - + -	- - - -	- - - - -	+ - 1 + +	- - - - -	+ - - - -	- - - - -
Kobresia myosuroides	- - - -	+ - - -	- - - - -	+ + a + +	3 b b b 1	+ b b - -	+ - - - -
Agrostis alpina	- - - -	+ + - -	- - - - -	a + a a a	+ 1 1 -	1 1 1 1	a a 1 - -
Festuca halleri	+ - 1 -	- - - -	- - - - -	a - + 1 -	1 + a a a	1 + a - -	- - - - -
Androsace obtusifolia	- - - -	- - - -	+ + + - -	+ + + + +	+ + + - -	+ 1 1 1	- - - - -
Trifolium badium	- - - -	+ - - -	- - - - -	+ + a a 1	1 1 + -	- - - - -	- - - - -
Carex sempervirens	- - - -	- - - -	- - - - -	+ - a + +	+ a - - -	- - + - -	a a 1 b b
Calluna vulgaris	- - - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- b - - -	- - - - -	b 4 3 3 b
Vaccinium vitis-idaea	- - - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	1 1 1 1 1
Leontodon helveticus	- - - +	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	+ a 1 1 1
Nardus stricta	- - - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- a 1 - a
Geum montanum	- - - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- + - + 1
Ligusticum mutellina	- - - -	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - + - -	- + - + +
<i>Arten der Moränen</i>							
Trifolium pallescens	1 + 1 b	a b b	b - - 1 +	1 + a a 1	a 1 a 1 1	1 a 1 a	- - - - -
Poa alpina	+ 1 + 1	m m a	1 - 1 - +	+ 1 + 1 +	1 1 1 1 +	+ 1 - - -	- - - - -
Minuartia gerardii	+ + + a	a a a	a + 1 + +	- - - - -	1 - + + -	- m 1 + -	- - - - -
Stereocaulon alpinum	+ - 1 1	- 1 a	a b 1 b	- - - - -	a + + 1 b	+ a 1 + -	- - - - -
Silene acaulis agg.	+ - m 1	1 1 1	b - - - -	+ - a + +	1 + + a +	+ + b - -	- - - - -
Festuca pumila	- + - +	+ 1 +	1 a + b a	- - - a	- - - a	- b + a -	- - - - -
Saxifraga bryoides	+ 1 a -	- + +	- - + 1 +	+ + - + 1	- - - + -	- + a + -	- - - - -

Racomitrium canescens	+ 1 1 1	1 + m	- - - -	1 - 1 + a	1 + - - a	- 1 1 -	- - - -
Salix herbacea	- - + +	1 1 1	- - - -	1 + 1 + 1	+ 1 - - +	+ - a -	- - - -
Achillea moschata	- + 1 -	- 1	b - 1 + 1	- + - -	- - 1 1	b b b b	- - - -
Erigeron uniflorus	- - + -	1 1	+ + + + +	- - - -	- + - -	- m 1 1	- - - -
Saxifraga paniculata	- - + -	- -	+ b a a +	+ - - -	+ - + a	- b + a	- - - -
Artemisia mutellina	+ - - -	+ 1	+ + 1 1 1	- - - -	- - + 1	- - - -	- - - -
Galium anisophyllum	+ - + -	- +	- - - -	1 - + - 1	- - + +	- 1 - -	- - - -
Sedum atratum	- + 1 +	- -	+ - - - 1	- - - -	- - + +	+ + - -	- - - -
Sempervivum montanum	- + + -	- -	- - - -	- - - -	+ - + +	- 1 1 1	- - - -
Cladonia spec.	- - - -	- -	- - - -	+ - - 1	1 1 + + +	- - 1 -	- - - -
Myosotis alpestris	- - - +	- -	- - - -	+ - + 1 1	- - - -	- 1 + +	- - - -
Veronica alpina	- - - +	1 m	- - - -	- + - -	1 1 - +	+ - - -	- - - -
Minuartia sedoides	+ - - -	- -	- - - -	- - + +	- - 1 +	+ + - +	- - - -
Leucanthemopsis alpina	- - - -	+ +	- - - -	- - + + +	+ + - -	+ - - -	- - - -
Taraxacum alpinum	- - - +	+ +	- - - -	m - - -	- - - -	- m - -	- - - -
Deschampsia cespitosa	+ - - +	- +	- - - -	+ + - -	- - - -	a + - -	- - - -
Parnassia palustris	- - - +	- -	- - - -	+ + + +	- - - -	+ - 1 -	- - - -
Sibbaldia procumbens	- - - -	+ -	- - - -	+ + - +	1 - - -	- 1 - -	- - - -
Veronica fruticans	- - - -	- -	+ - + + +	- - - -	- - - -	- 1 + -	- - - -
Agrostis rupestris	- - + -	- -	- - - -	- - - -	- + + -	+ - 1 +	- - - -
Geum reptans	- - + +	+ -	- - - -	- - - -	- - - -	+ - - -	- - - -
Sagina saginoides	+ - - -	1 +	- - - -	- + - -	- - - -	- - - -	- - - -
Bartsia alpina	- - - -	- -	- - - -	- - - -	1 + + + +	- - - -	- - - -
Cardamine resedifolia	- + - -	- -	- - - -	+ - + +	- - - +	- - - -	- - - -
Cirsium spinosissimum	- - - +	- +	- - - -	- - - b	- - - -	- b a -	- - - -
Anthyllis vulneraria alpestris	- - - -	- -	- - - -	- - - -	a 1 a -	+ - - -	- - - -
Thymus praecox polytrichus	- - - -	- -	- - - -	- - - -	- + + -	- a - 1	- - - -
Polytrichum spec.	- - - -	- -	- - - -	- - - -	+ - - -	+ - 1 -	- - + -
Saxifraga exarata	- - + -	- -	- 1 - -	- - - -	- - - -	- a a -	- - - -
Botrychium lunaria	- - - -	- -	+ - - -	- - - -	- - + -	+ + - -	- - - -
Carex capillaris	- - - -	- -	- - - -	- + - -	+ - + -	- + - -	- - - -
<i>Allgemeine Begleiter</i>							
Persicaria vivipara	- - - 1	1 1 1	- - - -	1 + 1 1 +	1 a 1 1 1	1 + 1 -	- 1 + + + 1
Leontodon hispidus alpinus	- - - -	- +	- - + +	+ a 1 + 1	+ a 1 m 1	1 + - -	a - - - +
Cetraria islandica	- - - -	- -	- a + -	- + + 1	- + 1 +	1 a b +	+ 1 1 a 1
Euphrasia minima	- - - +	m 1 1	- - - -	- 1 1 1 +	+ - - -	+ m 1 -	m + 1 - 1
Cladonia pyxidata	- - - -	- -	+ + 1 -	a + 1 + -	+ - + +	+ + 1 -	+ 1 1 + -
Potentilla aurea	- - - -	- -	- - - -	- + - -	- 1 1 -	- 1 + a	+ + + - 1
Avenula versicolor	- - - -	- -	- - + +	- - - -	- - + -	1 - 1 1	- 1 a + 1
Phytheuma hemisphaericum	- - - -	- -	- - - -	- - + -	- - - -	- + 1 +	- - 1 + -
Festuca nigricans	- - - -	- -	- - - -	- a + -	- - - -	+ - - -	b - + + +
Cladonia arbuscula	- - - -	- -	- - - -	- - - -	- + - -	- 1 - +	- 1 - b b
Salix serpyllifolia	- - - -	+ - +	- - - -	- - - -	- a - -	+ - - -	- - 1 -
Soldanella pusilla	- - - -	- -	- - - -	- - - -	+ - - -	- 1 - -	- - - 1 1
Cetraria nivalis	- - - -	- -	+ + - -	- - - -	+ - - +	- - - -	- - - 1 -
Cladonia ecmocyna	- - - -	- -	- - + -	- - - -	- - - -	+ - + -	- - - + -
Arctostaphylos uva-ursi	- - - -	- -	- - - -	+ + - -	- - - -	- - - -	- - - 3 -
Anthoxanthum alpinum	- - - -	- -	- - - -	+ - - -	- - - -	a - - -	- - - + +
Gnaphalium hoppeanum	- - - -	+ + 1	- - - -	- - - -	- - - -	- + - -	- - - -
Juncus trifidus	- - - -	- -	- - - -	- - - 1	- - - 1	- - + -	- - - 1 -

Tab. 6 Aktuelle Vegetation des Gletschervorfeldes im Rotmoostal (aus ERSCHBAMER et al. 1999)
G = Grundmoräne, S = Seitenmoräne, Hohe Mut S = Hohe Mut - Seitenhang

9.4. Aktuelle botanische Forschung im Gletschervorfeld des Rotmoosferners

- In den Vegetationsperioden 1996 und 1997 wurden auf den einzelnen Moränenstadien Samenproduktion, Samenregen und Samenbank im Rahmen einer Diplomarbeit untersucht (KNERINGER 1998).
- Die Dissertation von Frau Mag. NIEDERFRINIGER SCHLAG beschäftigte sich mit Keimungs- und Etablierungsraten in Dauerflächen im Bereich der Gletscherstände 1971 bzw. 1956/57 sowie mit Konkurrenz-, Dünge- und Ansaatexperimenten. Das Projekt wurde im Jahre 1996 durch die Universität Innsbruck, in den Jahren 1997-1998 durch die Österreichische Nationalbank gefördert.
Tab. 7 zeigt eine Auswahl der Ergebnisse (Diasporenregen, Diasporenbank, Keimlingsaufkommen), berechnet für die Dauerflächen von 25x25 cm; Tab. 8 verdeutlicht die Artengarnitur und die Mortalitätsraten der Keimlinge nach 2 Wintern.
- Vegetationsgradienten und Sukzessionsmuster im Rotmoostal waren Thema einer weiteren Diplomarbeit (RAFFL 1999). Zwei Tal-querende Transekte wurden angelegt (im Bereich der Gletscherstände 1858 und 1923). Zusätzlich wurden Flächen in allen Moränenstadien aufgenommen.
- Die jüngste Diplomarbeit (MALLAUN in Vorber.) beschäftigte sich mit zwei Längstransekten entlang der beiden Talseiten.
- Die Auswirkungen einer Temperaturerhöhung auf das Wachstum von Gletschervorfeldpflanzen wurden in einem 5 Jahres-Projekt studiert (ERSCHBAMER 1997).

Plot: 25 x 25 cm	25 Jahre eisfrei		40 Jahre eisfrei	
Samenbank 1996	102		3075	
Samenregen 1996	412		284	
Samenregen 1997	265		374	
	25 B	25 V	40 B	40 V
Keimlinge 1996	2	77	4	429
Keimlinge 1997	42	150	64	96
Keimlinge 1998	24	292	7	93

Tab. 7 Diasporenbank, Diasporenregen und Anzahl der Keimlinge im Bereich der 25 Jahre bzw. der 40 Jahre eisfreien Moränen. Das Auflaufen der Keimlinge wurde in bewachsenen (25 V, 40 V) und unbewachsenen (25 B, 40 B) Dauerflächen untersucht (Daten: KNERINGER 1998, NIEDERFRINIGER-SCHLAG & ERSCHBAMER 2000).

KEIMLINGE	25 V			25 B		
	1996	1997	Mortalität nach 2 Wintern	1996	1997	Mortalität nach 2 Wintern
<i>Sedum atratum</i>	54	105	68%	1	7	100%
<i>Poa alpina</i>	11	6	47%	-	2	50%
<i>Artemisia genipi</i>	-	7	71%	-	13	46%
<i>Saxifraga oppositifolia</i>	-	7	100%	1	5	67%
<i>Arabis</i> sp.	2	6	75%	-	-	-
<i>Leucantheropsis alpina</i>	-	1	0%	-	-	-
<i>Linaria alpina</i>	-	1	0%	-	2	0%
<i>Pritzelago alpina</i>	-	1	0%	-	-	-

KEIMLINGE	40 V			40 B		
	1996	1997	Mortalität nach 2 Wintern	1996	1997	Mortalität nach 2 Wintern
<i>Trifolium pallescens</i>	429	73	96%	1	13	100%
<i>Poa alpina</i>	-	2	100%	3	45	77%
<i>Gnaphalium hoppeanum</i>	-	5	100%	-	-	-
<i>Artemisia genipi</i>	-	3	100%	-	-	-
<i>Euphrasia minima</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Linaria alpina</i>	-	-	-	-	2	100%
<i>Sedum atratum</i>	-	1	0%	-	-	86%

Tab. 8 Artengarnitur der Keimlinge und Mortalität der Keimlinge nach 2 Wintern im Bereich der 25 Jahre bzw. der 40 Jahre eisfreien Moränen. Das Auflaufen der Keimlinge wurde in bewachsenen (25 V, 40 V) und unbewachsenen (25 B, 40 B) Dauerflächen untersucht (Daten: KNERINGER 1998, NIEDERFRINGER-SCHLAG & ERSCHBAMER 2000).

10. Exkursionsziele im Detail

Die Strecke Obergurgl - Hohe Mut wird per Sessellift überwunden.

Auf den NW-exponierten Hohe Mut-Hang (Liftrasse) bestimmen Zwergstrauchheiden (Abb. 14) den unteren Hangbereich, im oberen Bereich zeigt sich auf blockreichem Material bereits die Artengarnitur der Silikat-Schuttgesellschaften: *Ranunculus glacialis*, *Saxifraga bryoides*, *Cerastium uniflorum*, *Doronicum clusii*. Aber auch Vertreter des alpinen Rasens treten bereits auf: *Oreochloa disticha*, *Carex curvula*, *Primula glutinosa*, *Silene exscapa*.

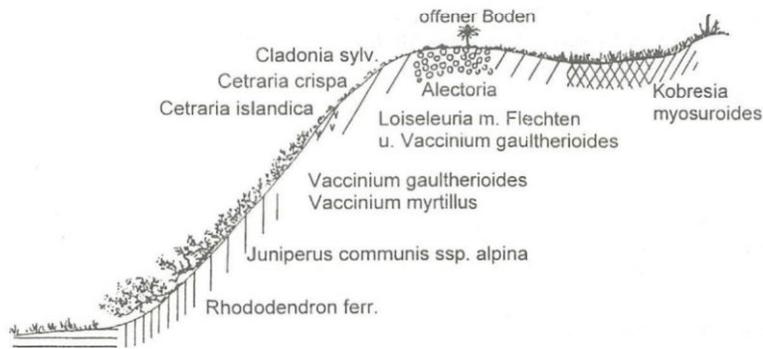


Abb. 14 Profil im Bereich der Mittelstation des Hohe Mut-Lifts (nach DUELLI 1987)

10.1. Hohe Mut

Kurz nach Verlassen der Bergstation des Sesselliftes eröffnet sich der Blick auf das Gletscherpanorama (Abb. 1): Granatenkogel (3200 m), Hochfirst (3405 m), Seewer-Spitze (3302 m), Liebener-Spitze (3400 m; vorgelagert der Kirchenkogel 3282 m), Trinkerkogel (3161 m), Scheiber-Kogel (3135 m), Rotmoos-Kogel (3338 m), Hinterer-, Mittlerer- und Vorderer Seelenkogel (3472 m, 3426 m, 3250 m), Eisseekogel (3228 m), Hangerer (3166m). Landschaftsprägend sind die beiden Gletschertäler: das Gaisbergtal mit dem Gaisbergferner und das Rotmoostal mit dem Rotmoos- und Wasserfallferner.

Im Bereich der Hohen Mut (höchste Erhebung: 2659 m NN) ist ein Mosaik aus verschiedenen Vegetationstypen ausgebildet, wobei das *Caricetum curvulae* sicherlich optisch durch seine braune Färbung selbst während der Hauptvegetationszeit am auffallendsten ist. Die Blattspitzen von *Carex curvula* werden schon ca. 1 Monat nach dem Austrieb braun und vom Pilz *Clathrospora elynae* besiedelt.

Muldenlagen sind durch mehr oder weniger ausgedehnte Schneeböden (*Salicetum herbaceae*, *Polytrichetum sexangularis*) charakterisiert. Das Ausaperungsmuster im späten Frühjahr bzw. beginnenden Frühsommer zeigt den Wechsel zwischen Rasen und Schneeboden-Vegetation sehr gut. Die Bereiche um die Liftstation bzw. um das Gasthaus können als Weiderasen eingestuft werden (*Carici curvulae*-*Nardetum*). An Kantenlagen erscheint vielfach *Kobresia myosuroides*, aber auch *Loiseleuria procumbens*.

10.1.1. Carici curvulae-Nardetum

Alchemilla vulgaris agg.
Carex curvula
Cerastium cerastoides
Deschampsia cespitosa
Leontodon helveticus

Ligusticum mutellina
Nardus stricta
Poa alpina
Potentilla aurea
Taraxacum alpinum agg.

10.1.2. Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*) - Stop 1

Die Stetigkeitstabelle, bestehend aus 7 Vegetationsaufnahmen eines typischen *Caricetum curvulae* (Hohe Mut, 2560-2590 m NN, Exposition NE bis SE, wenig geneigt) vermittelt einen Eindruck von der Artengarnitur (GRABHERR 1981 in REISIGL 1987):

Ass. Charakterarten:

Senecio carniolicus I
Oreochloa disticha I

Verb. Ch. A.:

Festuca halleri V
Leontodon helveticus V
Androsace obtusifolia I

Ordn. Ch. A., Differentialarten:

Carex curvula V
Avenula versicolor V
Phyteuma hemisphaericum V
Veronica bellidioides III
Minuartia sedoides I

Klassen Ch. A.:

Euphrasia minima III

Begleiter:

Leucanthemopsis alpina V
Gnaphalium supinum V
Cetraria islandica V
Cladonia-Arten V
Ligusticum mutellina IV
Homogyne alpina IV
Geum montanum III
Soldanella pusilla III
Salix herbacea II
Arenaria biflora I
Polytrichum sexangulare I
Lloydia serotina I
Persicaria vivipara I

10.1.3. Schneeböden (*Salicetea herbaceae*) - Stop 2

<i>Anthelia juratzkana</i>	<i>Pohlia spec.</i>
<i>Arenaria biflora</i>	<i>Polytrichum sexangulare</i>
<i>Gnaphalium supinum</i>	<i>Salix herbacea</i>
<i>Leontodon helveticus</i>	<i>Sedum alpestre</i>
<i>Leucanthemopsis alpina</i>	<i>Sibbaldia procumbens</i>
<i>Ligusticum mutellina</i>	<i>Soldanella pusilla</i>
<i>Persicaria vivipara</i> (= <i>Polygonum viviparum</i>)	<i>Taraxacum alpinum</i> agg.

10.2. Abhänge des Kirchenkogels - Stop 3 (fakultativ, bei speziellem Interesse und genügend Zeit)

Die SW-Hänge unterhalb des Kirchenkogels weisen ebenfalls ein Mosaik aus unterschiedlichen Vegetationstypen auf: im Bereich der extrem steilen Oberhänge ist eine *Festuca pumila-Kobresia myosuroides*-Gesellschaft ausgebildet, auf den Unterhängen ein *Caricetum curvulae elynetosum*.

Festuca pumila-Kobresia myosuroides-Gesellschaft (Steilhang unterhalb des Kirchenkogels)
2790 m NN, SW, 45-50°, Deckung 80%

<i>Festuca pumila</i>	2b
<i>Kobresia myosuroides</i>	2b
<i>Agrostis alpina</i>	2a
<i>Silene acaulis</i>	2a
<i>Thymus polytrichus</i>	2a
<i>Astragalus alpinus</i>	2m
<i>Astragalus australis</i>	2m
<i>Euphrasia minima</i>	2m
<i>Persicaria vivipara</i>	2m
<i>Aster alpinus</i>	1
<i>Campanula cochleariifolia</i>	1
<i>Campanula scheuchzeri</i>	1
<i>Erigeron uniflorus</i>	1
<i>Gentiana verna</i>	1
<i>Minuartia gerardii</i>	1
<i>Oxytropis lapponica</i>	1
<i>Poa alpina</i>	1
<i>Salix serpyllifolia</i>	1
<i>Saxifraga oppositifolia</i>	1
<i>Artemisia genipi</i>	+
<i>Botrychium lunaria</i>	+
<i>Cetraria islandica</i>	+
<i>Comastoma tenellum</i>	+
<i>Galium anisophyllum</i>	+
<i>Gentiana brachyphylla</i>	+
<i>Gentiana prostrata</i>	+
<i>Leontopodium alpinum</i>	+
<i>Lomatogonium carinthiacum</i>	+
<i>Veronica alpina</i>	+
<i>Tortella tortuosa</i>	2a

10.3. Schuttfluren, Abhänge Richtung Rotmoosferner – Stop 4

Schutthänge, Felsen und Schneeböden wechseln mit Rasenflächen ab. Die Schuttflächen werden von Elementen der Verbände *Drabion hoppeanae* bzw. *Androsacion alpinae* geprägt:

<i>Androsace alpina</i>	<i>Salix herbacea</i>
<i>Cerastium uniflorum</i>	<i>Saxifraga androsacea</i>
<i>Draba aizoides</i>	<i>Saxifraga bryoides</i>
<i>Gentiana bavarica</i>	<i>Saxifraga oppositifolia</i>
<i>Gentiana brachyphylla</i>	<i>Saxifraga seguieri</i>
<i>Oxyria digyna</i>	<i>Sedum alpestre</i>
<i>Persicaria vivipara</i>	<i>Silene acaulis</i> agg.
<i>Poa alpina</i>	<i>Solorina crocea</i>
<i>Pritzelago alpina</i> (= <i>Hutchinsia alpina</i>)	<i>Stereocaulon alpinum</i>

10.4. Gletschervorfeld des Rotmoosferners - Stop 5

Pioniere:

<i>Cerastium uniflorum</i>	<i>S. oppositifolia</i>
<i>Linaria alpina</i>	<i>Saxifraga aizoides</i>

Folgearten:

<i>Arabis caerulea</i>	<i>Racomitrium canescens</i>
<i>Artemisia genipi</i>	<i>S. arachnoideum</i>
<i>Artemisia mutellina</i>	<i>Salix herbacea</i>
<i>Campanula scheuchzeri</i>	<i>Saxifraga bryoides</i>
<i>Erigeron uniflorus</i>	<i>Saxifraga paniculata</i>
<i>Euphrasia minima</i>	<i>Sedum alpestre</i>
<i>Festuca halleri</i>	<i>Sedum atratum</i>
<i>Festuca pumila</i>	<i>Sempervivum montanum</i>
<i>Geum reptans</i>	<i>Silene acaulis</i>
<i>Minuartia gerardii</i> (= <i>M. verna</i>)	<i>Stereocaulon alpinum</i>
<i>Persicaria vivipara</i> (= <i>Polygonum viviparum</i>)	<i>Trifolium pallescens</i>
<i>Poa alpina</i>	<i>Veronica alpina</i>
<i>Pritzelago alpina</i> (= <i>Hutchinsia alpina</i>)	<i>Veronica fruticans</i>

Spätere Sukzessionsarten:

<i>Achillea moschata</i>	<i>Leontodon hispidus</i>
<i>Androsace obtusifolia</i>	<i>Oxytropis halleri</i>
<i>Anthyllis vulneraria</i> ssp. <i>alpestris</i>	<i>Oxytropis lapponica</i>
<i>Astragalus alpinus</i>	<i>Salix helvetica</i>
<i>Bartsia alpina</i>	<i>S. glaucosericea</i>
<i>Campanula scheuchzeri</i>	<i>S. reticulata</i>
<i>Carex capillaris</i>	<i>S. retusa</i>
<i>Carex curvula</i>	<i>S. serpyllifolia</i>
<i>Carex sempervirens</i>	<i>Thymus polytrichus</i>
<i>Coeloglossum viride</i>	<i>Trifolium badium</i>
<i>Kobresia myosuroides</i> (= <i>Elyna myosuroides</i>)	<i>Trifolium pratense</i> ssp. <i>nivale</i>

10.5. Niedermoore (Rotmoos, Schönwies, 2300 m NN) – Stop 6

Rotmoos: *Trichophorum cespitosum*-Gesellschaft

Schönwies: *Carex nigra*-Gesellschaft

Bartsia alpina

Carex nigra

Carex paupercula

Carex rostrata

Deschampsia cespitosa

Epilobium anagallidifolium

Eriophorum angustifolium

Juncus filiformis

Juncus triglumis

Pinguicula leptoceras

Saxifraga stellaris

Trichophorum cespitosum

Viola palustris

Die Pollenprofile „Rotmoos“ und „Schönwies“ werden von A. Univ. – Prof. Dr. Klaus Oeggel im Gelände vorgestellt.

Literatur

- ARNOLD, F. (1858-1897): Lichenologische Ausflüge in Tirol, 1-30. Verhandl. Zool.-Bot. Ges. Wien. (Gesammelte Lichenologische Schriften von F. Arnold, 3. Reprint 1970, Cramer, Lehre).
- BESCHEL, R. (1950): Flechten als Altersmaßstab rezenter Moränen. Ztschr. f. Gletscherk. N.F. 1: 152-161.
- BORTENSCHLAGER, S. (1984): Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols I. Inneres Ötztal und unteres Inntal. Ber. Nat.-med. Ver. Innsbruck 71: 19 – 56.
- DUELLI, M.T. (1987): Die Vegetation des Gaifßbergtales, Obergurgl, Ötztal. In: PATZELT, G. (Hrsg.): MaB-Projekt Obergurgl, Veröff. Österr. MaB-Progr. 10, Univ.-Verlag Wagner, Innsbruck: 205 - 232.
- ERSCHBAMER, B. (1996): Wachstumsdynamik und Nährstoffgehalt der alpinen Segge, *Carex curvula* subsp. *rosae*, auf unterschiedlichen Substraten. Flora 191: 121-129.
- ERSCHBAMER, B. (1997): Climate warming and plant growth on glacial retreats. Actes du deuxieme colloque Ecologie et Biogeographie Alpines, Suppl. Rev. Valdotaïne d'Histoire Nat. 51: 219 - 224.
- ERSCHBAMER, B., WINKLER, J. & WAGNER, J. (1994): Vegetative und generative Entwicklung von drei *Carex curvula*-Sippen in den Zentralalpen. Flora 189: 277-286.
- ERSCHBAMER, B., NIEDERFRINIGER-SCHLAG, R. & KNERINGER, E. (1997): Seed dispersal, seed bank and establishment of seedlings on glacial retreats. Actes du deuxieme colloque Ecologie et Biogeographie Alpines, Suppl. Rev. Valdotaïne d'Histoire Nat. 51: 225 - 232.
- ERSCHBAMER, B., BITTERLICH, W. & RAFFL, C. (1999): Die Vegetation als Indikator für die Bodenbildung im Gletschervorfeld des Rotmoosferners (Obergurgl, Ötztal, Nordtirol). Ber. Nat.-Med. Ver. 86: 107-122.
- ETTL, H. (1968): Ein Beitrag zur Kenntnis der Algenflora Tirols. Ber. Nat.-med. Ver. Innsbruck 56: 177 – 354.

- ETTL, H. (1970): Ein Beitrag zur Kenntnis der Algenflora Tirols II. Ber. Nat.-med. Ver. Innsbruck 58: 89 – 124.
- FLIRI, F. (1975): Das Klima der Alpen im Raume von Tirol. Monographien zur Landeskunde von Tirol. Univ. Verlag Wagner, Innsbruck-München.
- GAMS, H. (1970): Die Erforschung der Floren- und Vegetationsgeschichte der Öztaler Alpen. Mitt. Ostalp.-Din. Ges. f. Vegetkde. 11: 55-62.
- GRABHERR, G. (1981): The impact of trampling by tourists on a high altitudinal grassland in the Tyrolean Alps, Austria. Vegetatio 48: 209 – 217.
- GRABHERR, G. (1987a): Produktion und Produktionsstrategien im Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*) der Silikatalpen und ihre Bedeutung für die Bestandesstruktur. In: PATZELT, G. (Hrsg.): MaB-Projekt Obergurgl, Veröff. Österr. MaB-Progr. 10, Univ. Verlag Wagner, Innsbruck: 233 – 242.
- GRABHERR, G. (1987b): Tourismusinduzierte Störungen, Belastbarkeit und Regenerationsfähigkeit der Vegetation in der alpinen Stufe. In: PATZELT, G. (Hrsg.): MaB-Projekt Obergurgl, Veröff. Österr. MaB-Progr. 10, Univ. Verlag Wagner, Innsbruck: 243 – 256.
- GRABHERR, G. (1993): *Caricetea curvulae*. In: GRABHERR, G. & MUCINA, L. (Hrsg.): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II: Natürliche waldfreie Vegetation. Fischer, Jena, Stuttgart, New York: 343 - 372.
- GRABHERR, G., MÄHR, E. & REISIGL, H. (1978): Nettoprimärproduktion und Reproduktion in einem Krummseggenrasen (*Caricetum curvulae*) in den Öztaler Alpen. Tirol. Oecol. Plant. 13: 227-251.
- GRABHERR, G., BRZOSKA, W., HOFER, H. & REISIGL, H. (1980): Energiebindung und Wirkungsgrad der Nettoprimärproduktivität in einem Krummseggenrasen der Öztaler Alpen. Tirol. Oecol. Plant. 15: 307 – 316.
- GRABHERR, G., GOTTFRIED, M., GRUBER, A. & PAULI, H. (1995): Patterns and current changes in alpine plant diversity. In: CHAPIN III, F.S. & KÖRNER, C. (Hrsg.): Arctic and alpine biodiversity. Ecol. Stud. 113, Springer, Berlin u.a.
- HOFER, H. (1979): Der Einfluß des Massenschlafs auf alpine Sauerbodenrasen am Beispiel der Gurgler Heide (Ötztal) und Beobachtungen zur Phänologie des *Curvuletum*s. Dissertation Univ. Innsbruck.
- HOFER, H. (1981): Der Einfluß des Massenschlafs auf alpine Sauerbodenrasen am Beispiel der Gurgler Heide (Ötztal/Tirol) und Beobachtungen zur Phänologie des *Curvuletum*s. Ber. Nat.-med. Ver. Innsbruck 68: 31 – 56.
- HOFMANN, P., TÜRK, R. & GÄRTNER, G. (1988): Beitrag zur Flechtenflora Tirols: Obergurgl (Ötztaler Alpen, Nordtirol). Ber. Nat.-med. Ver. Innsbruck 75: 7-19.
- HOLZMANN, H. & HASELWANDTER, K. (1988): Contribution of nitrogen fixation to nitrogen nutrition in an alpine sedge community (*Caricetum curvulae*). Oecologia 76: 298 – 302.

- JANETSCHKEK, H. (1987): Flächennutzung, Nutzvieh und Jagd im Gurgler Raum. In: PATZELT, G. (Hrsg.): MaB-Projekt Obergurgl, Veröff. Österr. MaB-Progr. 10, Univ.Verlag Wagner, Innsbruck: 317 – 342.
- KERNER, A. (1863): Das Pflanzenleben der Donauländer. Verlag Wagner'sche Univ.buchh.
- JANETSCHKEK, H., MEYER, E., SCHATZ, H. & SCHATZ-DE ZORDO, I. (1987): Ökologische Untersuchungen an Wirbellosen im Raum Gurgl unter Berücksichtigung anthropogener Einflüsse. In: PATZELT, G. (Hrsg.): MaB-Projekt Obergurgl, Veröff. Österr. MaB-Progr. 10, Univ.Verlag Wagner, Innsbruck: 281 – 316.
- JOCHIMSEN, M. (1962): Die Vegetationsentwicklung im hochalpinen Neuland. Beobachtungen an Dauerflächen im Gletschervorfeld, 1958-1962. Dissertation Univ. Innsbruck.
- JOCHIMSEN, M. (1963): Vegetationsentwicklung in hochalpinem Neuland. Beobachtungen der Dauerflächen im hochalpinen Neuland. Ber. Nat.-Med. Ver. Innsbruck 53: 109-123.
- JOCHIMSEN, M. (1970): Die Vegetationsentwicklung auf Moränenböden in Abhängigkeit von einigen Umweltfaktoren. Veröff. Univ. Innsbruck 46: 22 S.
- JUEN, A. (1998): Artenzusammensetzung und Verteilung von Käfern im Gletschervorfeld des Rotmoostales (Öztaler Alpen, Tirol). Diplomarbeit Univ. Innsbruck.
- KNERINGER, E. (1998): Diasporenregen und Diasporenbank im Gletschervorfeld des Rotmoosferners (Öztaler Alpen, Tirol). Diplomarbeit Univ. Innsbruck.
- LENZENWEGER, R., GÄRTNER, G. & PFATTNER, S. (1997): Zur bemerkenswerten Wiederentdeckung von *Staurastrum gurgeliense* SCHMIDLE und *Staurastrum sparseaculeatum* SCHMIDLE in Obergurgl (Öztal, Tirol). Ber. Nat.-Med. Ver. Innsbruck 84: 75-80.
- MATTHEWS, J.A. (1992): The ecology of recently-deglaciated terrain. Cambridge Studies in Ecology, Cambridge Univ. Press, Cambridge u.a.
- MOSER, M., HOFMANN, J., PFITSCHER, A., RIDL, W. & WIESER, R. (1987): Mikrobielle Parameter als Indikatoren für die anthropogene Beeinflussung alpiner Böden, besonders durch Massentourismus. In: PATZELT, G. (Hrsg.): MaB-Projekt Obergurgl, Veröff. Österr. MaB-Progr. 10, Univ.Verlag Wagner, Innsbruck: 257- 280.
- NEUWINGER, I. (1987): Bodenökologische Untersuchungen im Gebiet Obergurgler Zirbenwald – Hohe Mut. In: PATZELT, G. (Hrsg.): MaB-Projekt Obergurgl, Veröff. Österr. MaB-Progr. 10, Univ.Verlag Wagner, Innsbruck:173 - 190.
- NIEDERFRINIGER-SCHLAG, R. & ERSCHBAMER, B. (2000): Germination and establishment of seedlings on a glacial retreat area in the Central Alps (Austria). Arctic, Antarctic and Alpine Research: accepted.
- OBERDORFER, E. (1959): Borstgras- und Krummseggenrasen in den Alpen. Beitr. Naturk. Forsch. Südwestdeutschl., Karlsruhe 9: 29 – 98.
- PATZELT, G. (1987): MaB-Projekt Obergurgl, Veröff. Österr. MaB-Progr. 10, Univ.Verlag Wagner, Innsbruck.

- PITSCHMANN, H. & REISIGL, H. (1955): Beiträge zur nivalen Flechtenflora der Öztaler – und Ortler Alpen. Rev. Bryol. Licheol. 24 1 – 2: 138 – 143.
- PITSCHMANN, H., REISIGL, H., SCHIECHTL, H. & STERN, R. (1980): Karte der aktuellen Vegetation von Tirol 1 : 100.000, 7. Teil, Blatt 10 – Öztaler Alpen – Meran. Doc. Carte Veget. Alpes 23: 47 – 68.
- POELT, J. (1953): Mitteleuropäische Flechten I. Mitt. Bot. Staatssamml. München 6: 230-238. Mitteleuropäische Flechten II. Ibid., 8: 323-332.
- RAFFL, C. (1999): Vegetationsgradienten und Sukzessionsmuster in einem zentralalpinen Gletschervorfeld (Öztaler Alpen, Tirol). Diplomarbeit Univ. Innsbruck.
- READ, D.J. & HASELWANDTER, K. (1981): Observations on the mycorrhizal status of some alpine plant communities. New Phytol. 88: 341 – 352.
- REISIGL, H. (1987): Die Untersuchungen der alpinen Grasheide im Rahmen der Klimaxvegetation des Gurglertales (Öztaler Alpen). In: PATZELT, G. (Hrsg.): MaB-Projekt Obergurgl, Veröff. Österr. MaB-Progr. 10, Univ. Verlag Wagner, Innsbruck: 191 – 204.
- REISIGL, H. & PITSCHMANN (1958): Obere Grenzen von Flora und Vegetation in der Nivalstufe der zentralen Öztaler Alpen (Tirol). Vegetatio 8: 93-129.
- ROTT, H. (1987): Die Energiebilanzmessungen an den Stationen Hohe Mut und Obergurgl-Wiese. In: PATZELT, G. (Hrsg.): MaB-Projekt Obergurgl, Veröff. Österr. MaB-Progr. 10, Univ. Verlag Wagner, Innsbruck: 147-159.
- RUDOLPH, D. (1991): Vergleichende Studien zur Vegetationsentwicklung im Vorfeld des Rotmoosferners/Öztaler Alpen. Diplomarbeit Univ. Gießen.
- SAUBERER, N. (1994): Untersuchungen zur Struktur und Dynamik eines Krummseggenrasens (*Caricetum curvulae*) in den Öztaler Alpen. Diplomarbeit Univ. Wien.
- SCHMIDLE, W. (1895, 1896): Beiträge zur alpinen Algenflora. Österr. Bot. Z. 1895: 249 – 253; 305 – 311; 346 – 350; 387 – 391; 454 – 459; 1896: 20 – 25; 59 – 65; 91 – 94.
- STEINGER, T., KÖRNER, C. & SCHMID, B. (1996): Long-term persistence in a changing climate: DNA analysis suggests very old ages of alpine *Carex curvula*. Oecologia 105: 94 – 99.
- STAUDINGER, M. (1987): Verdunstungsbestimmung während der Vegetationsperiode durch Energiebilanzmessungen. In: PATZELT, G. (Hrsg.): MaB-Projekt Obergurgl, Veröff. Österr. MaB-Progr. 10, Univ. Verlag Wagner, Innsbruck: 161-172.
- WIEDEMANN, T. (1991): Die Entwicklung von Boden und Vegetation im Vorfeld des Gaißbergferners/Öztaler Alpen. Diplomarbeit Univ. Gießen.

NW: Plattkofel (2964 m), Fünffingerspitzen (2997 – 3111m), Langkofel (3081 m); N: Sellagruppe mit Piz Boé (3152 m); NE: Kreuzkofelgruppe, Lagazuoi (2778 m), Fanesgruppe; E: Col di Lana (2462 m), Tofane (3225 m – 3243 m); SE: Pelmo (3168 m); SSE: Civetta (3218 m); S: Marmolata (3342 m), Gran Vernel (3205 m), Collaz (2713 m); W: Latemar (2846 m), Rosengartengruppe, Kesselkogel (3004 m), Schlern (2564 m).

Die Exkursionsroute führt vom Pordoi-Joch (2242 m NN) über die Alta Via Dolomiti (vorbei am Sass Beccé) hin zum Rifugio Fredarola (2422 m NN), dann erfolgt der Aufstieg auf den Col del Cuc (2558 m NN). Der Abstieg zum Rifugio Viel del Pan (2432 m NN) erfolgt am Fuße des Sass Capel. Der Viel del Pan führt zurück zum Ausgangspunkt.



Abb. 2 Ausschnitt aus der Kompaß Wanderkarte Sellagruppe-Marmolata 1:50.000

2. Geologie

2.1. Überblick über den geologischen Aufbau der Dolomiten

Die Dolomiten zählen geologisch bereits zu den Südalpen. Die Periadriatische Naht, die lokal unter verschiedenen Namen (Judikarien-Linie, Pustertal-Linie) läuft, trennt die Südalpen von den Ostalpen (Abb. 3).

Im Vergleich zu den Ostalpen zeigen die Dolomiten einen „wesentlich ruhigeren tektonischen Bau“ (HEISSEL 1982) und die permo-mesozoischen Schichtfolgen (Tab. 1) liegen relativ ungestört auf dem kristallinen Sockel auf. Die mächtigen Gebirgsstöcke sind Bildungen der Trias, die sich genau wie in den Ostalpen in sechs Stufen gliedern läßt: Rhät, Nor, Karn, Ladin, Anis und Skyth.

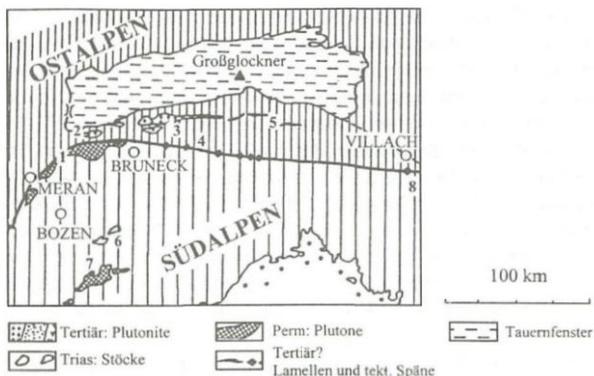


Abb. 3 Geologische Übersichtskarte der Alpen: die Periadriatische Naht trennt die Südalpen von den Ostalpen (verändert nach BÖGEL & SCHMIDT 1976). Sie wird von magmatischen Gesteinen, meist Graniten und Tonaliten verschiedenen Alters begleitet. 1 Kreuzberg-, Iffinger- und Brixner Granit, 2 Rensen Granit, 3 Rieserferner Granit, 4 Tonalite im Pustertal und im Gailtal, 5 Tonalitgänge im Iseltal, 6 Vulkanite von Predazzo und Monzoni, 7 Cima d'Asta, 8 Tonalit von Finkenstein.

ABFOLGE DER GEOLOGISCHEN SCHICHTEN IN DEN DOLOMITEN

Jura	Bunte Oberkreide-Alttertiär-Mergel
Unterkreide	Unterkreide-Mergelkalke
Alttertiär	Rote Ammoniten-Kalke Grauer Liaskalk
Trias	Hauptdolomit Raibler Schichten Cassianer Schichten Cipit-Kalk Rosetta-Dolomit (Oberer Schlerndolomit) Wengener Schichten Latemar-Kalk, Marmolatakalk Schlerndolomit (Unterer Schlerndolomit) Buchensteiner Schichten Sarldolomit Richthofen'sches Konglomerat Werfener Schichten (Campiler und Seiser Schichten)
Perm	Bellerophon-Schichten Grödner Sandstein
Oberkarbon	Bozner Quarzporphyr Waidbrucker Konglomerat Brixner Granit
Varisz.	Brixner Quarzphyllit
Grundgebirge	

Tab. 1 Die Schichtabfolge im Bereich der Dolomiten (nach BÖGEL & SCHMIDT 1976)

Der variszische Unterbau (metamorphes Altpaläozoikum) der Dolomiten besteht aus Brixner Quarzphyllit: graue, silbrig glänzende Schiefer mit weißen Quarzbändern, die allerdings nur im Pustertal an die Oberfläche treten. Als Abtragungsprodukt des variszischen Gebirges kann das Waidbrucker Konglomerat betrachtet werden. Es handelt sich dabei um grobe Klastika, die vor allem aus Quarz- und Phyllitbruchstücken bestehen (STINGL & WACHTLER 1998). Das Jungpaläozoikum liegt im Bereich der Dolomiten als mächtiger Vulkankomplex – Bozner Quarzporphyr - vor. Vor allem die Umgebung von Bozen, die Schluchten des Eisack- und Eggentales sind von Bozner Quarzporphyr geprägt. Die Mächtigkeit kann bis zu 1500 m betragen. Der Quarzporphyr ist reich strukturiert: in tieferen Lagen herrschen im Norden und im Süden Andesite und Dazite (quarzarme Gesteine) vor, im zentralen Bereich vor allem rhyodazitische Ignimbrite (Ignimbrite sind nicht echte, effusive Lavagesteine, sondern Gesteine, die aus hochfluiden Suspensionen feiner, heißer Magmateilchen in hochoerhitzten Gasen entstanden sind – „Glutwolken“).

Mit Grödner Sandstein werden die terrestrischen Bildungen abgeschlossen.

Darüber folgen die ersten marinen Ablagerungen: die aus dem Perm stammenden Bellerophon-Schichten. Charakteristisch sind „Wechsellagerungen von dunklem Dolomit mit Gipslagen“..., die aus den Gezeitenflächen stammen (STINGL & WACHTLER 1998).

Die Schichtfolgen der Trias (Skyth) beginnen mit den Werfener-Schichten (die tieferen Schichten werden auch als Seiser Schichten, die höheren als Campiler Schichten bezeichnet). Es handelt sich dabei um eine Abfolge von Flachwasserablagerungen - Sandsteine, Mergel, Tone, Kalke und Dolomite - von teilweise bis zu einigen hundert Metern Mächtigkeit. Die Sedimente sind sehr fossilreich (die bekannteste Muschel: *Claraia clarai*).

In den westlichen Dolomiten ist darüber das Richthofen-Konglomerat (Ober-Anis) ausgebildet, in den östlichen Dolomiten sind Konglomerate nur untergeordnet entwickelt.

Als Karbonat-Plattform folgt der Sarldolomit.

Bereits im oberen Anis beginnt das Absinken der Dolomitenregion, mit dem Ladin (vor ca. 234 Millionen Jahren, Abb. 4, oben) wird dieser Vorgang stark beschleunigt. Riffe, teilweise in Atollform, bildeten sich und wuchsen gegen die Wasseroberfläche. Die dolomitischen Riffgesteine werden als Schlerndolomit bezeichnet, die kalkigen als Marmolata- und Latemarkalk.

Ladin und Karn sind geprägt durch vielfältige Fazies-Differenzierungen. Neben den mächtigen Riffen und Riffhang-Schichten prägen vulkanische Ereignisse die Zeiten der Mitteltrias. Vor ca. 230 - 228 Millionen Jahren setzte in den südwestlichen Dolomiten ein starker Vulkanismus ein mit den Eruptionszentren im Gebiet von Predazzo und Monzoni (Abb. 4, unten). Gewaltige Mengen an Laven, z.T. mit Pillow-Struktur, vulkanischen Tuffen und Aschen charakterisieren die Eruptionszentren und deren Umgebung. Vulkanische Gänge in den Riffen des Latemars, der Costabella und der Marmolata sind ebenfalls Zeugen des vulkanischen Großereignisses.

Im oberen Fassatal erreicht die Abfolge von Laven, Hyaloklastiten, Tuffen und Breccien beispielsweise eine Mächtigkeit von 1000 m. Die schönsten Aufschlüsse dieser Serien finden sich im Bereich des Padonkammes nördlich des Fedaiia-Passes, im Durontal und beim Molignonhaus auf der Seiser Alm.

Noch im Ladin erlosch der Vulkanismus und die Erosion setzte ein. Zwischen Monzoni und Marmolata breitete sich großflächig Abtragungsschutt aus: das Marmolata-Konglomerat (Caotico eterogeneo). Etwas weiter von den Erosionszentren entfernt wurden Sande und Tone abgelagert, die als Wengener Schichten den ganzen ehemaligen Tiefseebereich einnahmen (Abb. 4, unten).

Die neuerlich einsetzende Karbonatserie (die alten Riffplattformen wurden Festland, an deren Rändern setzte wiederum Riffwachstum ein) umfaßt den Rosetta-Dolomit, die Cipitkalke und die Cassianer Schichten. Die Cipitkalke sind Bildungen im Bereich der östlichen und nördlichen Dolomiten. Es handelt sich dabei um Blöcke, die von den Karbonatplattformen ins offene Meeresbecken fielen (nicht dolomitisierte Serien).

Gegen Ende des Ladins begann auf den Schlerndolomit-Riffen bzw. auf vulkanischen Erhebungen wieder das Riffwachstum: der Cassianer Dolomit wurde gebildet (Abb. 4, unten). Die Bereiche zwischen den Riffen wurden mit Mergel und Sandsteinen aufgefüllt – die Cassian-Formation entstand.

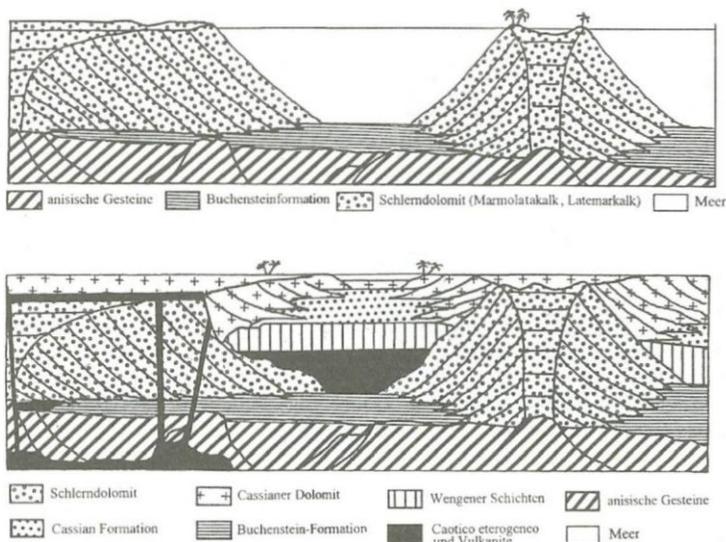


Abb. 4 Oben: Die ersten Riffe vor ca. 234 Millionen Jahren.

Unten: Vulkanismus der Mitteltrias (Beginn vor 230 bis 228 Millionen Jahren), Abtragung der Vulkanite (Caotico eterogene = Marmolatakonglomerat), Wengener Schichten (Tiefsee-Ablagerungen) und karnische Riffe (Cassianer Dolomit), verändert nach STINGL & WACHTLER (1998).

Die Triasserien werden mit Raibler Schichten und Hauptdolomit (Dachsteindolomit) abgeschlossen. Aus der Jura- und Kreidezeit sind vor allem Graue Liaskalke und Mergelkalke zu erwähnen (Piz Boé, Abb. 5).

2.2. Geologie des Exkursionsgebietes

Am Sass Beccé, und damit entlang der ersten Etappe der Exkursionsroute, ist Cipitkalk vorherrschend. Die Abhänge sind geprägt von Schuttfächern und Hangschutt aus dem Holozän. Die Umgebung des Rifugio Fredarola mit den fast ebenen Kuppen wird von den Cassianer Schichten bestimmt, einer Bildung des Unterkarn. Der Kamm Richtung Col del Cuc, Sass Capel wird von Marmolata - Konglomerat aufgebaut (Konglomerate eines

untermeerischen Geröll- und Sandfächers). Abb. 5 zeigt ein geologisches Profil von der Sella-Gruppe über das Pordoi-Joch bis hin zur Marmolata.

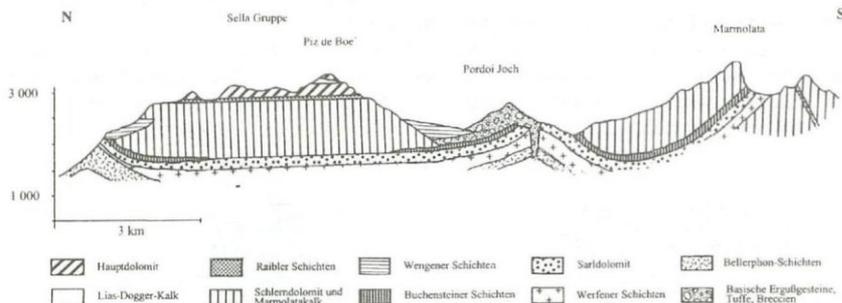


Abb. 5 Geologisches Profil von der Sella-Gruppe hin zur Marmolata (verändert nach LEONARDI in: BÖGEL & SCHMIDT 1976)

3. Klima

Das Exkursionsgebiet zählt zum alpinen Klimatyp. Auch der wärmste Monat erreicht nur mehr mittlere Temperaturen von etwas mehr als 8 °C. Die mittlere Jahrestemperatur liegt am Pordoi-Joch (Meßstelle in 2140 m NN) bei -0,5 °C, die mittleren Jahresniederschläge betragen 956 mm (FLIRI 1975). Tab. 2 zeigt langjährige Mittelwerte der Temperatur und des Niederschlags für das Pordoi-Joch.

Pordoi-Joch	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatur (°C)	-9,2	-8,4	-5,9	-1,8	2,3	5,9	8,7	8,3	5,9	8,0	-4,5	-7,5
Niederschlag (mm)	35	43	45	72	106	115	139	119	87	85	68	42
mittl. Schneehöhe (cm)	128	163	179	168	91					5	46	71

Tab. 2 Klimadaten für das Pordoi-Joch (2140 m NN). Quelle: FLIRI (1975)

4. Flora und Vegetation

Alpine Rasen über basischem - (Seslerio-Caricetum sempervirentis, Caricetum firmae) bzw. über saurem Substrat (Caricetum curvulae, Festucion variae) wechseln sich ab. Das Gebiet des Padonkammes ist vor allem wegen seiner endemischen Pflanzengesellschaft - Saxifragetum depressae Gerdol 1992 - ein Eldorado für floristisch Interessierte.

4.1. Die stenöke *Saxifraga depressa*

Das Areal von *Saxifraga depressa* besteht laut GERDOL (1992) aus 11 Teilarealen (Abb. 6: Padon, Buffaure, Marmolada, Cime di Pezza, Monzoni, Cima Bocche, Pale di San Martino, Zanggen, Lagorai, Scanaiol und Cima d'Asta). Alle Fundorte weisen vulkanisches Gestein (Vulkanite, Monzonite, Ignimbrite, Basalte, Phyllite oder Granite) auf. Der typische Wuchsort ist eine überwiegend grobschottrige, aber feinerdereiche Schuttfläche (Abb. 7) oberhalb von 2000 m Meereshöhe (2100 – 2670 m), mit einer durchschnittlichen Neigung von mindestens 30° und einer Exposition NW bis NE (GERDOL 1992). Die pH-Werte des Bodens liegen zwischen 5.18 und 7.45. Als Bodenart wurde sandiger Schluff bis toniger Sand bestimmt (GERDOL 1992).

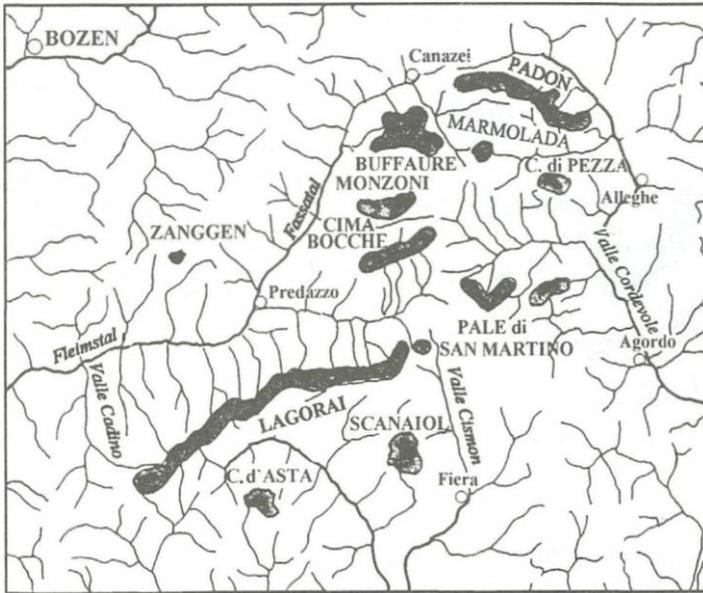


Abb. 6 Verbreitung von *Saxifraga depressa* in den mittleren Südalpen (aus GERDOL 1992)

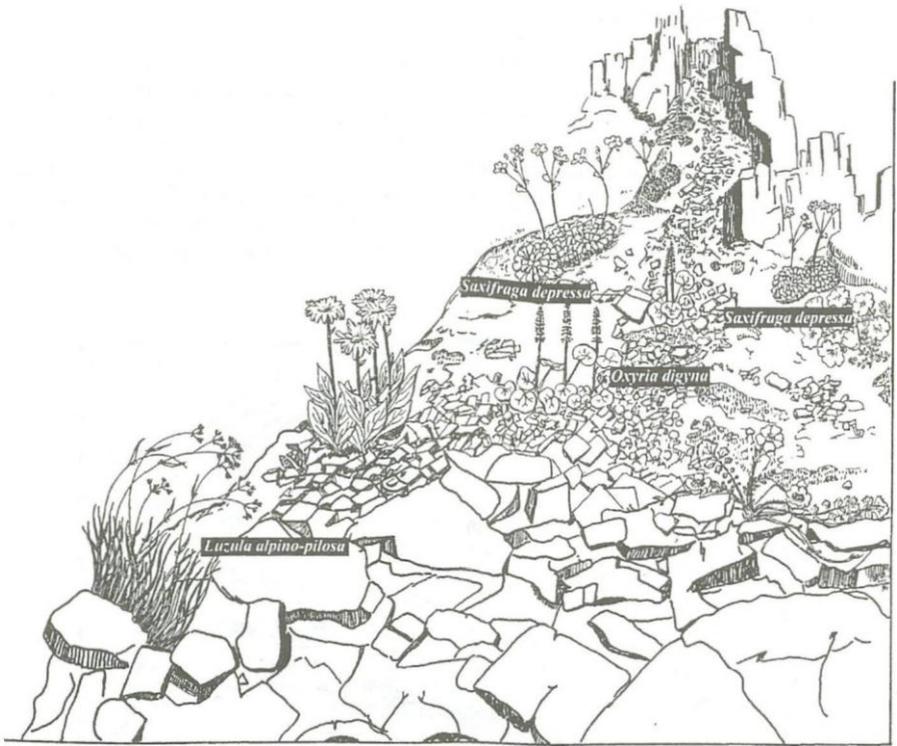


Abb. 7 Saxifragetum depressae (aus GERDOL 1992)

4.2. Saxifragetum depressae (Gerdol 1992)

Das Saxifragetum depressae zählt zur Klasse Thlaspietea rotundifolii. Die Charakterarten dieser Klasse sind allerdings mit relativ geringer Artmächtigkeit vorhanden, so z.B. *Cerastium uniflorum*, *Linaria alpina*, *Trisetum spicatum* und *Saxifraga oppositifolia*. Die Charakterarten der Ordnung Androsacetalia alpinae und des Verbandes Androsacion alpinae sind dagegen häufig, so z.B. *Saxifraga bryoides*, *Oxyria digyna* und *Doronicum clusii*. GERDOL (1992) gliedert das Saxifragetum depressae (Tab. 3) in zwei Subassoziationen: Saxifragetum depressae typicum und Saxifragetum depressae papaveretosum rhaetici. Letztere kann vor allem durch das Auftreten von vier Kalkschutt-Arten charakterisiert werden: *Papaver rhaeticum*, *Thlaspi rotundifolium*, *Achillea oxyloba* und *Saxifraga sedoides*.

Aufnahmnr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	S
Aufnahmefläche (m ²)	20	10	20	30	50	20	50	10	50	20	10	20	20	50	10	t
Anzahl seltener Arten	1	-	3	1	3	2	3	2	4	-	1	4	-	3	6	e
Artenanzahl	12	13	16	12	21	22	21	15	22	12	18	25	16	21	23	t

Assoziation (*Saxifragetum depressae*)

<i>Saxifraga depressa</i>	3	2	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2	2	1	1	V
---------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Subassoziation (*papaveretosum rhaeticum*)

<i>Papaver rhaeticum</i>									2		3	2	2	3	1	II
<i>Thlaspi rotundifolium</i>											2		3		2	I
<i>Achillea oxyloba</i>															2	I
<i>Saxifraga sedoides</i>												2				I

Verband und Ordnung (*Androsacion* and *Androsacetalia alpinae*)

<i>Saxifraga bryoides</i>	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2		V
<i>Oxyria digyna</i>	2	2	2	3	3	2	2		3	2	2	3	3	2	3	V
<i>Doronicum clusii</i>	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	3		2	2	V
<i>Poa laxa</i>	3	3	3	3	3	3	2			2	2	3			2	IV
<i>Ranunculus glacialis</i>	2	2	2		2	3	2		3	3	2	3			3	IV
<i>Cardamine resedifolia</i>	2	2	2	2	2	3			2	2		2		2	2	IV
<i>Geum reptans</i>					3	3	2	2	2	2	5	3	2			III
<i>Rhodiola rosea</i>			2		2	2	2	2							2	II
<i>Androsace alpina</i>		2			2							2	2			II
<i>Achillea moschata</i>															2	I

Klasse (*Thlaspietea rotundifolii*)

<i>Cerastium uniflorum</i>	3	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2		V
<i>Linaria alpina</i>					2	2	2		2	2	2	2	2	2		III
<i>Arabis alpina</i>									2	2	2		2	2	2	II
<i>Trisetum spicatum</i>					2	2	2	2						2		II
<i>Saxifraga oppositifolia</i>							2					2	2			I
<i>Artemisia genipi</i>												2		2		I
<i>Draba fladnizensis</i>						2								2		I
<i>Draba dolomitica</i>												2				I
<i>Sesleria ovata</i>												2				I

Begleiter

<i>Luzula alpino-pilosa</i>	2	2	3	3	5	2	2	3	2	2	2	2			3	V
<i>Saxifraga moschata</i>				2	2	2	2	2	2	3	3	2		2	2	IV
<i>Leucanthemopsis minima</i>	3	2	2		2	2			2		3	2	2			III
<i>Phyteuma globulariifolium</i>	2		2	2				2	3	2					2	III
<i>Festuca halleri</i>				2	2	2								2	3	II
<i>Hutchinsia brevicaulis</i>		2							2		2	2	2		2	II
<i>Poa alpina</i>									2			2	2		3	II
<i>Polygonum viviparum</i>					2	2		2								II
<i>Saxifraga paniculata</i>						2					2	2			2	II
<i>Soldanella pusilla</i>							2	2			2				2	II
<i>Oreochloa disticha</i>			2			2	2	2								II

Tab. 3 Vegetationsaufnahmen: *Saxifragetum depressae*, Aufnahmen Nr. 1-8: subass. typicum; Aufnahmen Nr. 9-15: subass. *papaveretosum* (aus GERDOL 1992).

5. Exkursionsziele im Detail

5.1. Seslerio-Caricetum sempervirentis – Stop 1

unterhalb des Sass Beccè (10x10 m, 2290 m NN, OSO, 35°, 90 % Deckung)

<i>Achillea clavinae</i>	<i>Hypochoeris uniflora</i>
<i>Achillea millefolium</i> agg.	<i>Knautia longifolia</i>
<i>Agrostis alpina</i>	<i>Kobresia myosuroides</i> (= <i>Elyna myosuroides</i>)
<i>Alchemilla vulgaris</i> agg.	<i>Leontodon hispidus</i>
<i>Anemone baldensis</i>	<i>Ligusticum mutellinoides</i>
<i>Antennaria carpatica</i>	<i>Lilium martagon</i>
<i>Anthoxanthum alpinum</i>	<i>Lotus corniculatus</i> ssp. <i>alpinus</i>
<i>Anthyllis vulneraria</i> ssp. <i>alpestris</i>	<i>Luzula luzuloides</i>
<i>Arnica montana</i>	<i>Luzula multiflora</i>
<i>Aster bellidiastrum</i>	<i>Myosotis alpestris</i>
<i>Astragalus alpinus</i>	<i>Nigritella rhellicani</i>
<i>Avena versicolor</i>	<i>Oxytropis campestris</i>
<i>Bartsia alpina</i>	<i>Pedicularis verticillata</i>
<i>Biscutella laevigata</i>	<i>Persicaria vivipara</i> (= <i>Polygonum viviparum</i>)
<i>Campanula scheuchzeri</i>	<i>Phyteuma orbiculare</i>
<i>Carex ornithopoda</i>	<i>Poa alpina</i>
<i>Carex sempervirens</i>	<i>Polygala alpestris</i>
<i>Carlina acaulis</i>	<i>Polygala chamaebuxus</i>
<i>Cerastium fontanum</i>	<i>Potentilla crantzii</i>
<i>Coeloglossum viride</i>	<i>Primula farinosa</i>
<i>Daphne striata</i>	<i>Primula halleri</i>
<i>Dryas octopetala</i>	<i>Pulmonaria angustifolia</i>
<i>Erica carnea</i>	<i>Pulsatilla alpina</i> ssp. <i>alpina</i>
<i>Erigeron neglectus</i>	<i>Pulsatilla vernalis</i>
<i>Festuca norica</i>	<i>Pyrola minor</i>
<i>Galium anisophyllum</i>	<i>Ranunculus hybridus</i>
<i>Gentiana acaulis</i>	<i>Ranunculus montanus</i>
<i>Gentiana verna</i>	<i>Salix breviserrata</i>
<i>Geranium sylvaticum</i>	<i>Salix reticulata</i>
<i>Geum montanum</i>	<i>Scabiosa lucida</i>
<i>Hedysarum hedysaroides</i>	<i>Selaginella selaginoides</i>
<i>Helianthemum alpestre</i>	<i>Sesleria albicans</i>
<i>Helianthemum grandiflorum</i>	<i>Silene acaulis</i>
<i>Helictotrichon parlatoresi</i>	<i>Soldanella alpina</i>
<i>Hieracium bifidum</i>	<i>Thymus praecox</i> ssp. <i>polytrichus</i>
<i>Hieracium villosum</i>	<i>Trifolium pratense</i> ssp. <i>nivale</i>
<i>Hippocrepis comosa</i>	<i>Trollius europaeus</i>
<i>Homogyne alpina</i>	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>
<i>Horminum pyrenaicum</i>	

5.2. Felsspaltengesellschaft auf Cipitkalk – Stop 2

(unterhalb des Sass Beccé, 2300 m NN)

<i>Asplenium ruta-muraria</i>	<i>Minuartia cherlerioides</i>
<i>Asplenium seelosii</i>	<i>Paederota bonarota</i>
<i>Aster alpinus</i>	<i>Pedicularis rosea</i>
<i>Athamanta cretensis</i>	<i>Phyteuma sieberi</i>
<i>Cystopteris fragilis</i>	<i>Potentilla nitida</i>
<i>Festuca alpina</i>	<i>Rhamnus pumila</i>
<i>Festuca intercedens</i>	<i>Saxifraga oppositifolia</i>
<i>Kernera saxatilis</i>	<i>Saxifraga squarrosa</i>
<i>Leontopodium alpinum</i>	<i>Sesleria sphaerocephala</i>

5.3. Caricetum curvulae – Stop 3

in der Nähe der Fredarolahütte, (4x4 m, 2420 m NN, W, 20°, 80 % Gesamtdeckung)

<i>Avenula versicolor</i>	<i>Leontodon helveticus</i>
<i>Carex curvula</i>	<i>Loiseleuria procumbens</i>
<i>Cetraria arbuscula</i>	<i>Oreochloa disticha</i> (= <i>Sesleria disticha</i>)
<i>Cetraria islandica</i>	<i>Persicaria vivipara</i> (= <i>Polygonum viviparum</i>)
<i>Gentiana punctata</i>	<i>Potentilla aurea</i>
<i>Homogyne alpina</i>	<i>Primula minima</i>
<i>Juncus trifidus</i>	<i>Salix herbacea</i>

5.4. Felsrasen – Stop 4

Col del Cuc: (Elemente der Schuttfluren, Rasen, Felsspaltengesellschaft)

<i>Agrostis alpina</i>	<i>Minuartia rupestris</i>
<i>Androsace alpina</i>	<i>Minuartia sedoides</i>
<i>Androsace vitaliana</i>	<i>Phyteuma globulariifolium</i>
<i>Arenaria ciliata</i>	<i>Salix serpyllifolia</i>
<i>Artemisia genipi</i>	<i>Saxifraga moschata</i>
<i>Artemisia mutellina</i>	<i>Saxifraga oppositifolia</i>
<i>Astragalus australis</i>	<i>Saxifraga paniculata</i>
<i>Campanula cochleariifolia</i>	<i>Silene acaulis</i>
<i>Erigeron uniflorus</i>	<i>Veronica fruticans</i>
<i>Eritrichum nanum</i>	

5.5. Saxifragetum depressae – Stop 5

(5x5 m, 2500 m NN, N, 30°, Gesamtdeckung 50 %)

<i>Androsace alpina</i>	<i>Oxyria digyna</i>
<i>Androsace vitaliana</i>	<i>Phyteuma globulariifolium</i>
<i>Antennaria carpatica</i>	<i>Phyteuma hemisphaericum</i>
<i>Cerastium uniflorum</i>	<i>Rhodiola rosea</i>
<i>Doronicum clusii</i>	<i>Salix herbacea</i>
<i>Draba aizoides</i>	<i>Salix retusa</i>
<i>Festuca norica</i>	<i>Saxifraga sedoides</i>
<i>Festuca pumila</i>	<i>Saxifraga bryoides</i>
<i>Gentiana brachyphylla</i>	<i>Saxifraga depressa</i>
<i>Gentiana verna</i>	<i>Saxifraga moschata</i>
<i>Geum reptans</i>	<i>Saxifraga oppositifolia</i>
<i>Leucanthemopsis alpina</i>	<i>Silene acaulis</i>
<i>Luzula alpino-pilosa</i>	<i>Trifolium thalii</i>
<i>Minuartia recurva</i>	

5.6. Festuca varia-Gesellschaft – Stop 6

oberhalb der Bindelweghütte (5x5m, 2440 m NN, SE, 30°, Gesamtdeckung 90%)

Laut WALLOSSEK (1999) müßte diese *Festuca varia*-Gesellschaft am Bindelweg als Seslerio-Festucetum variae E.& S. Pignatti ex Wallossek 1999 benannt werden.

<i>Agrostis alpina</i>	<i>Juncus trifidus</i>
<i>Androsace obtusifolia</i>	<i>Kobresia myosuroides</i>
<i>Antennaria carpatica</i>	<i>Leontodon hispidus</i>
<i>Anthoxanthum alpinum</i>	<i>Ligusticum mutellinoides</i>
<i>Anthyllis vulneraria ssp. alpestris</i>	<i>Loiseleuria procumbens</i>
<i>Arnica montana</i>	<i>Lotus corniculatus ssp. alpinus</i>
<i>Avenula versicolor</i>	<i>Luzula multiflora</i>
<i>Bartsia alpina</i>	<i>Myosotis alpestris</i>
<i>Campanula barbata</i>	<i>Nigritella nigra</i>
<i>Campanula scheuchzeri</i>	<i>Orchis mascula</i>
<i>Carex ericetorum</i>	<i>Pedicularis verticillata</i>
<i>Carex sempervirens</i>	<i>Persicaria vivipara</i>
<i>Cetraria islandica</i>	<i>Phyteuma hemisphaericum</i>
<i>Coeloglossum viride</i>	<i>Poa alpina</i>
<i>Daphne striata</i>	<i>Potentilla aurea</i>
<i>Euphrasia minima</i>	<i>Primula halleri</i>
<i>Festuca halleri</i>	<i>Primula minima</i>
<i>Festuca norica</i>	<i>Pseudorchis albida</i>
<i>Festuca varia</i>	<i>Pulsatilla alpina ssp. apiifolia</i>
<i>Gentiana acaulis</i>	<i>Pulsatilla vernalis</i>
<i>Gentiana nivalis</i>	<i>Ranunculus kuepferi</i>
<i>Gentiana punctata</i>	<i>Salix serpyllifolia</i>
<i>Geum montanum</i>	<i>Selaginella selaginoides</i>
<i>Gymnadenia conopsea</i>	<i>Sempervivum wulfenii</i>
<i>Juncus jacquini</i>	<i>Senecio abrotanifolius ssp. tirolensis</i>

Senecio incanus ssp. *carniolicus*
Soldanella alpina
Trollius europaeus

Vaccinium gaultherioides
Veronica bellidioides

Literatur

- BÖGEL, H. & SCHMIDT, K. (1976): Kleine Geologie der Ostalpen. Ott Verlag, Thun.
- FLIRI, F. (1975): Das Klima der Alpen im Raume von Tirol. Monographien zur Landeskunde von Tirol. Univ. Verlag Wagner, Innsbruck-München.
- GERDOL, R. (1992): *Saxifraga depressa* and *Saxifragetum depressae*: an endemic species and association of the western Dolomites (Italy). *Vegetatio* 98: 33 – 41.
- HEISSEL, W. (1982): Südtiroler Dolomiten. Sammlung Geolog. Führer 71, Gebr. Borntraeger, Berlin, Stuttgart.
- STINGL, V. & WACHTER, M. (1998): Dolomiten. Das Werden einer Landschaft. Athesia, Bozen.
- WALLOSSEK, C. (1999): Der Buntschwingel (*Festuca varia* agg., Poaceae) im Alpenraum: Untersuchungen zur Taxonomie, Verbreitung, Ökologie und Phytosoziologie einer kritischen Artengruppe. Habilitationsschrift: Univ. Köln.

Zur 50. Jahrestagung der Floristisch-Soziologischen Arbeitsgemeinschaft ist ein Exkursionsführer entstanden, der einen Eindruck von der subalpinen und alpinen Stufe Tirols vermitteln soll. Von Fachleuten wird die Vielfalt der Vegetation der Innsbrucker Nordkette, des Patscherkofels, des hinteren Ötztals mit seinen Gletschervorfeldern und der Dolomiten beschrieben. Forschungsergebnisse und -projekte der letzten Jahrzehnte werden vorgestellt. Beiträge über die Vegetationsgeschichte, den frühen menschlichen Einfluß, die Ökologie der Waldgrenze, die Physiologie alpiner Pflanzen und über die Problematik der Schigebiete zeigen weitere wichtige Aspekte des Alpenraumes auf.

ISBN 3-950090-3-5